Science & Vie

Le plaisir de savoir

Science & Vie

Mensuel - n° 971 - août 1998

165 FB - 7,5 FS - $can 4.95 - 850 Ptas - Portugal Cont 720 Esc - 40 Dh - 3,400 DT - 6500 L - Réunion/Antilles/Guyane 28 F - 1220 XPF

DÉCOUVERTE

La super aspirine

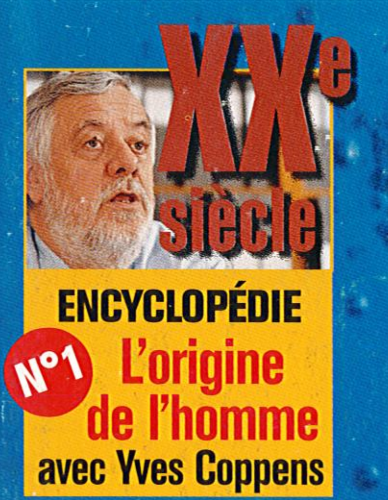
Révélations sur le médicament du siècle prochain

Médecine
La science révolutionne notre sexualité

Neutrino
La particule qui change le destin de l'Univers



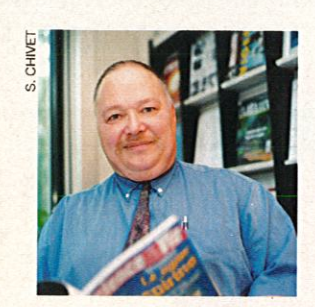
Loisirs
La physique du surf



NOUVELLE FORMULE



Le plaisir de savoir



S. CHIVET

Jean-René Germain, rédacteur en chef.

Science & Vie fait peau neuve. Sa couverture se dote d'un nouveau logo, plus moderne et facilement identifiable. Les articles sont présentés dans une nouvelle maquette, plus lisible. Enfin, le sommaire a été en partie remanié, avec notamment la création de nouvelles rubriques.

Votre revue se devait plus que jamais d'être à la pointe du progrès et en phase avec un monde en mouvement, où la science est une donnée essentielle – et peut-être l'une des dernières valeurs sûres. En cela, le nouveau *Science & Vie* reste fidèle aux objectifs qui étaient ceux de son fondateur, Paul Dupuy, il y a maintenant quatre-vingt-cinq ans.

Comment ne pas rendre compte, à l'aube du XXIe siècle, de la formidable révolution médiatique qui s'opère sous nos yeux ? Une quinzaine de pages seront désormais consacrées chaque mois aux aspects scientifiques, culturels et pratiques du multimédia.

La science a une fantastique capacité à faire rêver. Dans la grande tradition de Jules Verne, nous vous proposons dans chaque numéro un article de science-fiction, dans lequel nous nous risquons à l'anticipation – mais sur des bases strictement scientifiques.

Enfin, à ceux qui veulent comprendre ce que l'avenir leur réserve, nous offrons jusqu'à l'an 2000 une encyclopédie des savoirs fondamentaux en dix-sept épisodes. De l'origine de l'homme à celle de l'Univers en passant par la révolution génétique, nous vous raconterons l'histoire de ces découvertes, nous en synthétiserons l'essentiel et nous vous livrerons les clefs du futur au fil d'un entretien avec le plus grand spécialiste du domaine.

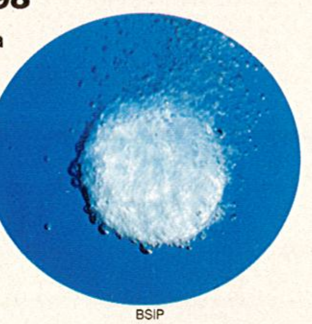
Plus que jamais, *Science & Vie* reste la revue de l'actualité scientifique et technologique. Toute l'équipe s'est mobilisée pour rendre votre revue plus passionnante, et – nous l'espérons – votre plaisir de savoir, plus intense.

Sommaire

n° 971 • août 1998

1 rue du Colonel-Pierre-Avia
75503 Paris Cedex 15
Tél. : 01 46 48 48 48
Fax : 01 46 48 48 67
E-mail :
svmens@excelsior.fr

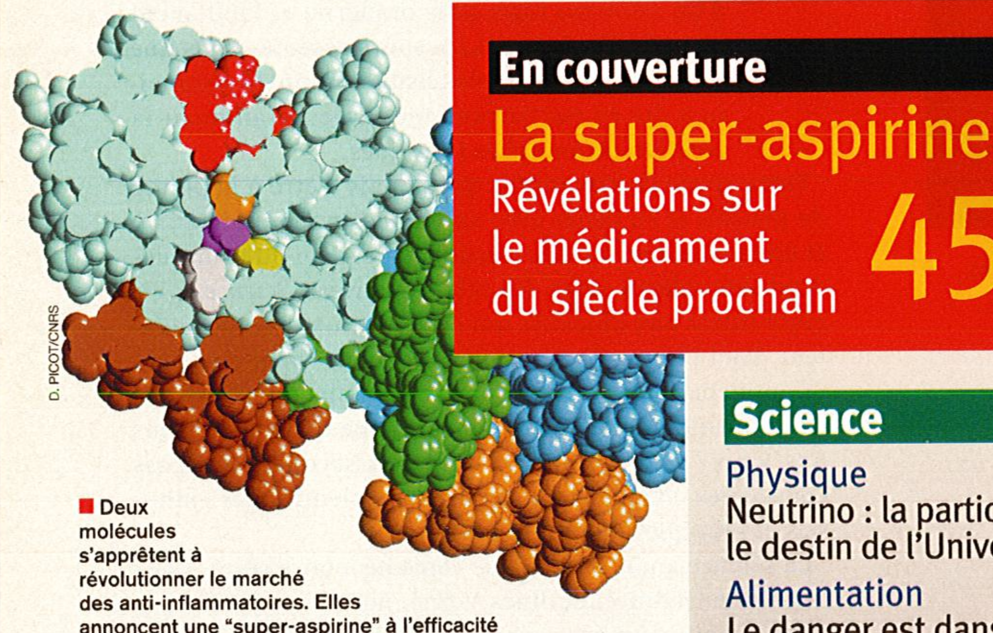
Recevez Science & Vie chez vous. Vos bulletins d'abonnement se trouvent pp. 39 et 109.
Organigramme p. 7.
Couverture : BSIP; S. Cazenave; S. Chivet.



BSIP

Le plaisir de savoir
Science&Vie

Actualité



D. PICOT/CNRS

■ Deux molécules s'apprêtent à révolutionner le marché des anti-inflammatoires. Elles annoncent une "super-aspirine" à l'efficacité accrue et dépourvue d'effets secondaires.

En couverture

Science

73

■ La sexualité est un phénomène infiniment complexe, dont on commence à percer les secrets. Mais pourquoi la nature l'a-t-elle privilégiée?

BARNABY/HALL/PHOTONICA



J. ROTMAN

La vie des récifs coralliens ne s'interrompt pas avec la nuit. D'étonnantes communautés investissent les lieux. La mer se métamorphose...

Pl@net

Science-fiction

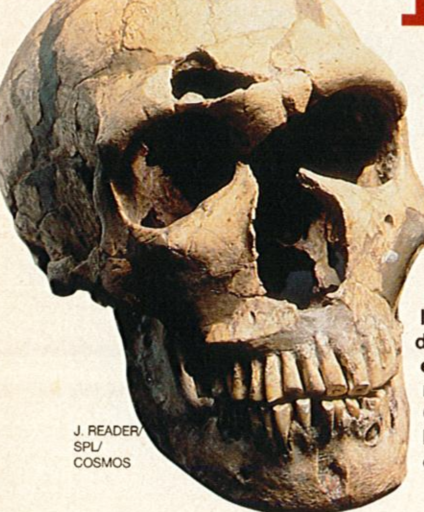


En 2119, les hommes ont colonisé la Lune. Sept astronautes s'apprêtent à la quitter pour aller explorer le monde de Jupiter...

DREAM INK

Conso

Encyclopédie xxe siècle



139

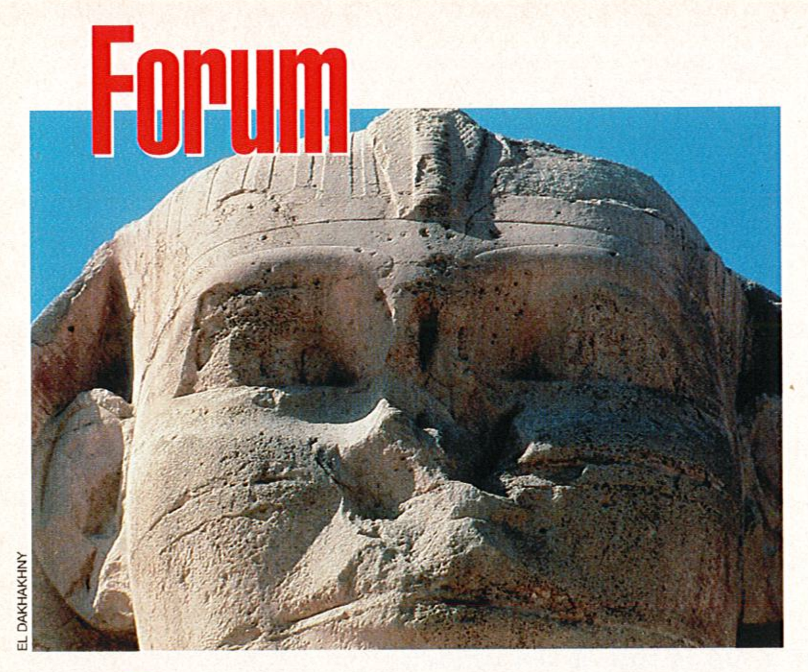
La découverte de la fameuse Lucy a bouleversé nos vues sur l'origine de l'homme. Yves Coppens explique les enjeux d'un savoir en perpétuelle mutation. (Ci-contre, l'homme de Neandertal.)

J. READER/ SPL/ COSMOS

Loisirs


1664
1664
1664
1664

Forum


EL DAKHAKHNY

Qui a cassé le nez du Sphinx? *«J'ai fait dernièrement un voyage en Egypte, et, comme tout le monde, j'ai admiré le Sphinx,* écrit M. Charles Boyat, de Feillens (Ain). *La guide égyptienne nous a affirmé que le nez du Sphinx avait été enlevé par un boulet tiré par un canon de Bonaparte lors de son expédition. Or, j'ai entendu dire par le présentateur du journal de France 2 qu'il avait été arraché par le tir d'un mamelouk. Qu'en est-il exactement?»*

En effet, selon certains guides, la dégradation du sphinx de Guizeh est due aux coups de canon tirés par l'armée de Bonaparte. Aujourd'hui, on l'attribue plus volontiers à la vindicte des mamelouks qui régnaient en Egypte au XIVe siècle.

Mme Christiane Zivie-Coche, égyptologue à l'Ecole pratique des hautes études, en donne une autre version dans son livre *Sphinx! le Père la terreur* (éd. Noêsis, collection "l'Œuvre", avril 1997) : *«Dès le Xe siècle, des auteurs arabes signalent que le nez était endommagé par suite de fureurs iconoclastes. Enfin, l'étude archéologique complète récemment effectuée par l'Américain Mark Lehner montre des traces très nettes de destruction par outils à une époque indéterminée entre le IIIe et le Xe siècle.»*

Le visage du Sphinx, dont le nez a entièrement disparu, correspond à un carré de 10 m de côté. Le temps, la guerre, le pillage ou les vents de sable ont pu avoir raison du célèbre appendice de ce monument haut de plus de 20 m et vieux de 4500 ans. Le corps et les pattes du Sphinx, restaurés depuis dix ans, ont été de nouveau dévoilés le 25 mai dernier.

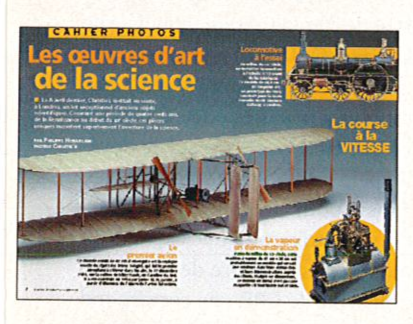
Croyance et vérité

M. Yann Daujeard, de Chartres (Eure-et-Loir), ironise sur le dérapage des sciences humaines appliquées à la technologie : *«Tamir Segal* [de la société israélienne Makh-Shevet] *entend distinguer le vrai du faux grâce à un simple analyseur de voix* (Science & Vie n° 968, p. 44), écrit-t-il. *Il propose un classement dont la dénomination même des catégories est à pleurer de rire. Quelle différence entre "inexact" et "faux"? Plus grave : ce monsieur semble oublier qu'un tel dispositif ne permet de s'assurer que de la bonne foi de l'orateur. [...] Or, pour paraphraser Nietzsche, la croyance la plus forte ne pourra jamais tenir lieu de vérité; elle ne prouve que sa force, non la vérité de ce qu'on croit. [...] J'en conclus que cette machine est inutilisable, mieux, inutile, voire dangereuse. [...] Car il s'agit bien ici d'une tentative pour mettre l'homme sous le joug des machines.»*

La gloire de Hambach *«Hambach n'a pas été et ne sera jamais rebaptisé Smartville* (Science & Vie n° 967, p. 127), proteste M. Louis Gabriel, de Hambach (Moselle). *Ce village remonte à 1335-1393... Les comtes de Sarrebruck ont cédé Hambach à la France en 1766. La personnalité la plus célèbre du village fut le Dr Louis Pinck, ancien prédicateur de la cathédrale de Metz et curé à Hambach de 1908 à 1940. Il a publié quatre cents chants de l'Est mosellan (Verklingende Weisen) qui lui ont donné un renom international. Le village a contribué à la création de la zone industrielle Europôle de Sarreguemines, avec l'aide des Charbonnages de France et le district de Sarreguemines. [...]»*

Et Smartville ne sera bien sûr jamais autre chose qu'un surnom. A-t-on songé à appeler Sochaux (Doubs) "Peugeotville" ou Clermont-Ferrand (Puy-de-Dôme) "Michelinville" ?

Le premier avion *« Il existe au Conservatoire national des arts et métiers, à Paris,* l'Eole, *l'avion de Clément Ader, qui vola sur 50 m le 9 octobre 1890, soit treize ans avant le* Flyer I *des frères Wright [Science & Vie* n° 969, p. 68]. *Faible vol, mais vol tout de même [...]»*, écrit M. Roger Furgolle, de Toulon (Var). La querelle perdure sur l'histoire de la naissance de l'aviation, qui s'est faite, elle aussi, par petits bonds. Il reste en tout cas à Ader, inventeur de génie isolé, la paternité du mot "avion". ■



Palmarès à la noix *« Je comprends maintenant pourquoi je n'aime pas les noix du Limousin!* s'écrie M. Henri Chevassus, de Lyon. *J'ai appris [Science & Vie* n° 966, p. 29] *qu'on les traite avec une solution chlorée. Achetez les noix de Grenoble : depuis des dizaines d'années, elles sont traitées au gaz sulfureux, pour leur blancheur et, surtout, pour éradiquer tout insecte ou moisissure et leur permettre de passer un an sans problème de conservation.* »

En fait, la noix de Grenoble est une appellation d'origine contrôlée (AOC) depuis 1938 (ce fut l'une des premières en fruit, avec le chasselas de Moissac). Comme toute appellation, elle est définie par un décret, qui précise : le séchage doit être naturel, sur liteaux ou par ventilation d'air chaud et sec. Seul son faible taux d'humidité – de 10 à 12 % – lui permet alors de se conserver un an, au froid. L'anhydride sulfureux antifongique ne pourrait intéresser que la noix fraîche (consommée d'un à deux mois après la récolte), mais cet additif est pour l'instant interdit. Le ramassage et le séchage rapides des noix dispensent du blanchiment à l'eau chlorée (un rinçage à l'eau claire suffit). La noix du Périgord est en attente d'une reconnaissance d'AOC, demandée en juillet 1996. Hormis la franquette, variété principale commune aux deux régions, elle devrait intégrer la marbot, cultivée en Corrèze, la corne et la grandjean, cultivées en Dordogne, tandis que la noix de Grenoble recouvre les variétés franquette, parisienne et mayette. ■



Publié par Excelsior publications SA.
Capital social : 11 100 000 F.
Durée : 99 ans.
1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15.
Tél. : 01 46 48 48 48. Fax. : 01 46 48 48 67.
E. mail : svmens@excelsior.fr
Adresse télégraphique : Sienvie Paris.
Principaux associés : Yveline Dupuy, Paul Dupuy.

DIRECTION, ADMINISTRATION

Président-directeur général : **Paul Dupuy.** Directeur général : **Jean-Pierre Beauvalet.** Directeur général adjoint : **François Fahys.** Directeur financier : **Jacques Béhar.** Directeur marketing et commercial : **Marie-Hélène Arbus.** Directeurs marketing et commercial adjoints : **Jean-Charles Guérault, Patrick-Alexandre Sarradeil.** Directeur des études : **Roger Goldberger.** Directeur de la fabrication : **Pascal Rémy.**

RÉDACTION

Rédacteur en chef : **Jean-René Germain,** assisté d'**Elisabeth Latsague.** Rédacteurs en chef adjoints : **Jean-François Robredo, Didier Dubrana, Gérard Morice.** Chef des informations : **Isabelle Bourdial.** Secrétaire général de la rédaction : **Norbert Régina.** Secrétaires de rédaction : **Françoise Sergent, Agnès Marillier, Jean-Luc Glock.** Chefs de rubrique : **Philippe Chambon, Germain Chambost, Roman Ikonicoff.** Rédacteurs : **Renaud de La Taille, Pierre Rossion, Marie-Laure Moinet, Henri-Pierre Penel, Hélène Guillemot, Marie-Sophie Germain, Christelle Célarié.** Conception graphique : **Nathalie Baylaucq.** Direction artistique : **Gilles Moine.** Maquette : **Lionel Crooson, Valérie Samuel.** Service photo : **Anne Levy.** Documentation/Internet : **Marie-Anne Guffroy.** Renseignements lecteurs : **Monique Vogt.** Correspondante aux Etats-Unis : **Sheila Kraft,** 11259, Barca Boulevard, Boynton Beach, Florida 33437, Etats-Unis, tél. : (00) 1 561 733 9207, fax : (00) 1 561 733 7965.

ONT COLLABORÉ À CE NUMÉRO

Catherine Chauveau, Yves Delaye, Géraldine Magnan, Philippe Henarejos, Antoine Perrivier, Véronique Rochewsky, Gibus de Soultrait.

RELATIONS EXTÉRIEURES

Michèle Hilling, Maud Bannier.

DÉPARTEMENT INTERNATIONAL

Directeur : **Marie-Ange Rouquet-Dezellus,** tél. : 01 46 48 47 26, fax : 01 46 48 19 19 et 01 46 48 49 39. Chef de produit junior : **Corinne Bourbotte,** tél. : 01 46 48 47 13.

PUBLICITÉ

Excelsior Publicité Interdéco, 23 rue Baudin, BP 311, 92303 Levallois-Perret Cedex, tél. : 01 41 34 82 08. Directrice commerciale : **Isabelle Finkelstein.** Directrice de la publicité : **Véronique Moulin.** Directeur de clientèle : **Cedric Larrieu.** Chef de publicité : **Sibylle Dubost.** Assistante de publicité : **Géraldine Chaze.**

À NOS LECTEURS

Renseignements : **Monique Vogt,** tél. : 01 46 48 48 66. Commande d'anciens numéros et de reliures : **Chantal Poirier,** tél. : 01 46 48 47 18.

SERVICES COMMERCIAUX

Chef de produit marketing : **Charlotte Negréanu.** Chef de produit ventes : **Marie Cribier.** Téléphone vert : 0 800 43 42 08 (réservé aux dépositaires). Belgique AMP, 1 rue de la Petite-Isle, 1070 Bruxelles. Abonnements et marketing direct : **Patrick-Alexandre Sarradeil.**

ABONNEMENTS

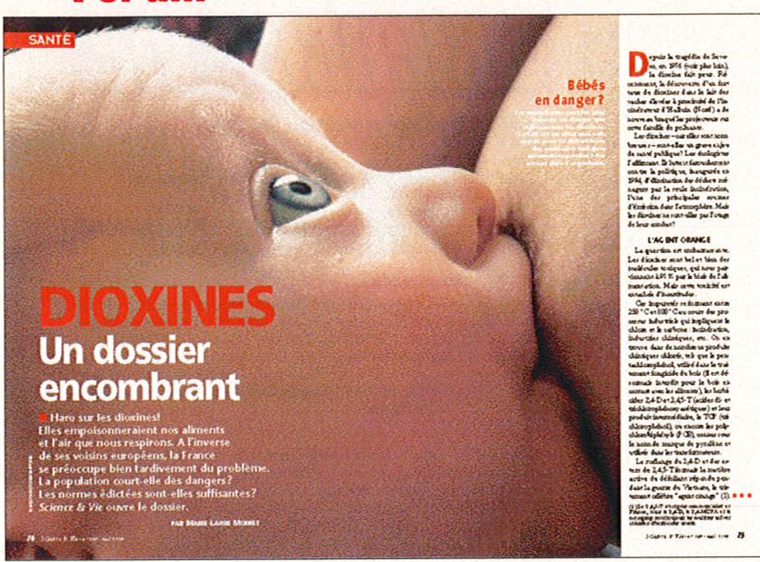
Relations clientèles abonnés : service abonnements, 1 rue du Colonel-Pierre-Avia, 75503 Paris Cedex 15, tél. : 01 46 48 47 08 - (à partir de 9 h). Tarifs d'abonnements sur simple demande téléphonique au 01 46 48 47 17. Aux Etats-Unis et au Canada : Periodica Inc. – C.P. 444, Outremont, Québec, Canada H2V 4R6. En Suisse : Naville, case postale 1211, Genève 1, Suisse. En Belgique : Press-Abonnements, avenue des Volontaires, 1160 Bruxelles. Autres pays : nous consulter.

À NOS ABONNÉS

Pour toute correspondance relative à votre abonnement, envoyez-nous l'étiquette collée sur votre dernier envoi. Changement d'adresse : veuillez joindre à votre correspondance 3 F en timbres-poste français ou règlement à votre convenance. Les noms, prénoms et adresses de nos abonnés sont communiqués à nos services internes et organismes liés contractuellement avec Science & Vie sauf opposition motivée. Dans ce cas, la communication sera limitée au service des abonnements. Les informations pourront faire l'objet d'un droit d'accès ou de rectification dans le cadre légal.
Les manuscrits non insérés ne sont pas rendus. La rédaction ne



Forum


SANTÉ

Bébés en danger ?

DIOXINES
Un dossier encombrant

Haro sur les dioxines! Elles empoisonneraient nos aliments et l'air que nous respirons. A l'inverse de ses voisins européens, la France se préoccupe bien tardivement du problème. La population court-elle des dangers? Les normes édictées sont-elles suffisantes? *Science & Vie* ouvre le dossier.

Dioxines : après le silence, le bavardage! «*J'ai lu avec le plus grand intérêt votre article sur les dioxines* [Science & Vie n° 968, p. 74], écrit M. Christian Villaume, de Thiaville-sur-Meurthe (Meurthe-et-Moselle). *Si l'on estime le poids du Français moyen à 70 kg, celui-ci ne doit ingérer que 70 picogrammes (pg) par jour de dioxines pour ne pas dépasser la dose journalière admissible (DJA) recommandée par le Conseil supérieur d'hygiène publique de France (CSHPF),* [soit] *1 pg/kg de poids corporel par jour. La dioxine étant à 95 % apportée par les lipides alimentaires, dont la ration quotidienne moyenne est de 100 g, on peut conclure que ces graisses ne devraient pas contenir plus de 70/100 = 0,7 pg d'équivalent toxique dioxine par gramme de matière grasse (MG). Or, le seuil de retrait de la commercialisation – fixé par l'usage – est de 5 pg/g de MG pour le lait. Pourquoi cette discordance ? D'autre part, le Comité de prévention et de précaution (CPP) du ministère de l'Environnement a annoncé officiellement, en avril dernier, que de 1 800 à 5 200 décès annuels par cancer seraient attribuables aux dioxines dans l'état actuel d'exposition moyenne (2,3 pg par kilogramme et par jour).* [...] »

En conclusion, M. Villaume s'étonne du laxisme de l'administration française.

Si le CSHPF a renouvelé le 17 mars dernier la proposition d'une DJA de 1 pg/kg de poids corporel (énoncée dès 1991), il précise qu'«une exposition journalière à long terme de 1 à 10 pg/kg ne semble pas entraîner de signes avérés de toxicité chez l'homme, mais ne donne pas une marge de sécurité suffisante pour exclure tout risque pour certains segments de la population». Prudence donc!

Mais on est loin des statistiques alarmistes du CPP, qui a paradoxalement refusé de prendre en compte le problème pendant dix ans. Aujourd'hui, il fonde son calcul théorique sur l'hypothèse extrême de l'Environmental Protection Agency (agence de protection de l'environnement) américaine, *"one molecule, one hit"* ("une molécule, une mutation"), hypothèse applicable aux cancérogènes qui agissent directement sur l'ADN. Or, la dioxine n'est pas génotoxique. Sinon, le moindre feu de bois serait tout aussi dangereux qu'un gros incinérateur vétuste, et la notion de DJA serait sans fondement. De plus, ce n'est pas par rapport à l'effet cancérogène que la DJA de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) (10 pg/kg) est jugée dix fois trop clémente, mais par rapport aux autres effets (endocriniens, etc.) observés sur le développement du jeune singe.

Ainsi, pour Jean-François Narbonne, toxicologue expert en dioxines, le nombre de décès annoncé par le CPP «ne correspond à aucune donnée scientifique et n'est que le fruit de spéculations mathématiques non reconnues par les instances nationales et internationales». Mais il appelle à diminuer les émissions, car l'exposition journalière moyenne en France est d'une à trois fois la DJA du CSHPF (les enfants et les nourrissons étant les plus exposés).

VALEUR TROP RIGOUREUSE

Le seuil de non-commercialisation des produits laitiers (5 pg/g de MG) a été confirmé dans l'avis de mars dernier. Il peut paraître élevé, mais la valeur de 0,7 pg attendue par M. Villaume est, elle, trop rigoureuse. D'une part, le Français consomme environ 90 g de lipides par jour; d'autre part, certains lipides (huiles végétales...) ne contiennent pas de dioxines. Les poissons sont plutôt contaminés par les PCB. Quant à la viande, dans les cinq échantillons analysés par le Centre national d'information indépendante sur les déchets (CNIID) à la fin de mai dernier, les teneurs allaient de 0,2 à 0,6 pg d'équivalent toxique dioxine par gramme de MG. ■



mobicarte mct **c'est un téléphone gris ou noir métallisé** avec sa housse néoprène Body Glove, un numéro d'appel, une carte à puce mobicarte rechargeable et un crédit d'appels de 30 minutes de communications (valables pendant 2 mois à compter de votre premier appel). Vous pouvez alors appeler le monde entier (225 pays ouverts) et recevoir des appels partout en France Métropolitaine dans la zone de couverture du service Itineris.



mobicarte mct **c'est une maîtrise parfaite des dépenses :** on recharge son crédit d'appels au plus tard tous les 8 mois en achetant une carte à gratter en vente dans les bureaux de tabac, les points de vente GSM et les agences France Télécom.



mobicarte mct c'est **le rechargement de votre crédit** ainsi que la consultation du détail de vos appels par minitel (2,23F/min.).

mobicarte mct c'est un **répondeur intégré** pour ne perdre aucun appel.

mobicarte mct c'est **20 numéros** de votre répertoire téléchargés gratuitement.

mobicarte mct **c'est 50% de réduction** sur les communications de mobicarte vers un autre mobile Itineris et vers **tatoo**. Et en plus, cela ne coûte rien quand on n'appelle pas.

sans facture, sans abonnement.

Pour en savoir plus il suffit d'appeler le **N° Vert 0 800 222 800** ou de consulter le site internet mobicarte http://mobicarte.itineris.tm.fr ou le minitel 3615 mobicarte (2,23F/min.). mobicarte mct est disponible dans les points de vente GSM et les agences France Télécom à partir du 8 juin.





IRES RENAULT

Avec le 1,2,3, c'est fini !

Roulez en Kangoo
à partir de 1094 F par mois.



tension de garantie et 3 ans d'entretien.

un véhicule de remplacement de base pour 3 jours maximum : 25 F par mois, sous réserve d'acceptation par DIAC - Siren 702 002 221 RCS Bobigny ; assurance CPA tous risques 1998 à partir de 1 932 F par an, prime payable en 10 fois, révisable chaque année au 1/01, évaluée sur la base d'un bonus de 50 % promenade trajet-travail sur la région de Tours, garantie conducteur. CPA Assurances Entreprise régie par le code des Assurances. Siren 342 815 339 RCS Paris. Offre réservée aux particuliers et valable jusqu'au 31/08/98.

Le Club Affaires Renault. On fait tout pour vous en donner plus.



actualité

IMAGE DU MOIS



Mémoire d'outre-tombe

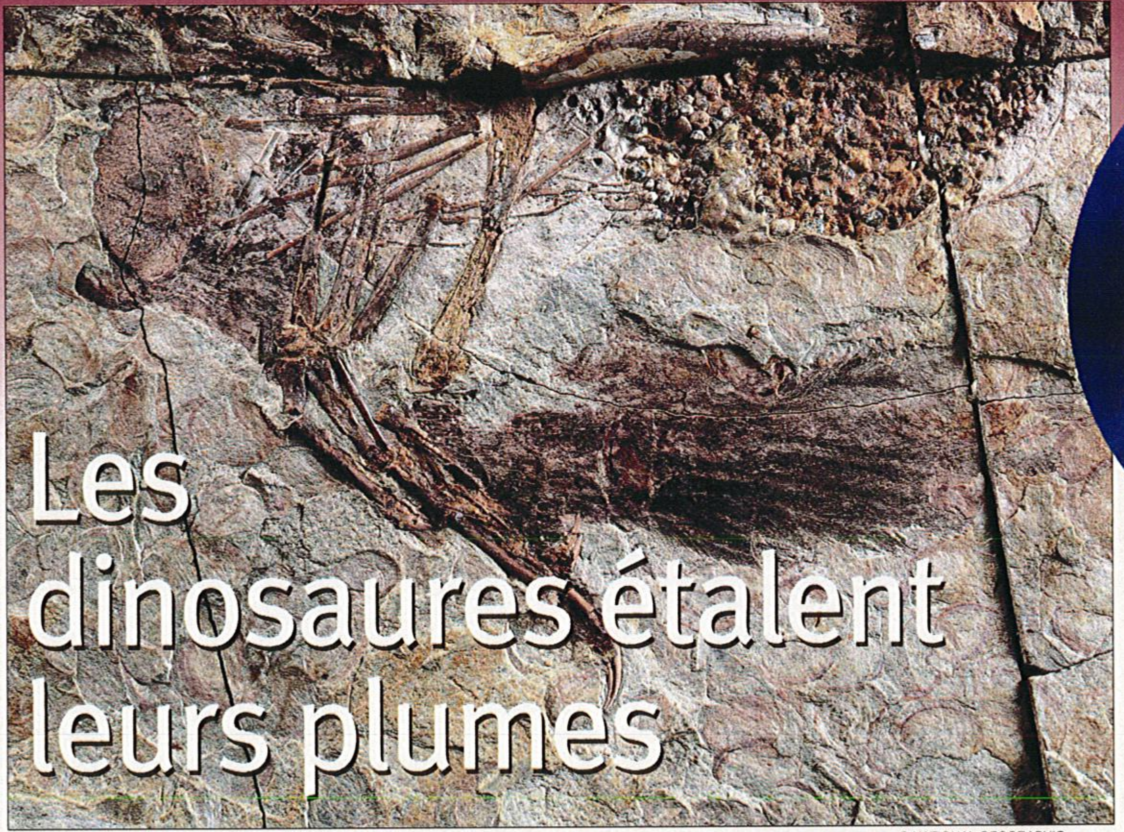
Nécropolis, gigantesque faubourg funéraire de l'une des villes les plus brillantes de l'Antiquité : Alexandrie. La "cité des morts" vient d'être partiellement découverte à l'occasion de travaux autoroutiers. Creusée dans la roche tendre du sous-sol, elle s'étendait sur plus de 1 km² et sur plusieurs niveaux. Les salles funéraires, comme celle-ci, comprenaient des dizaines de niches closes par des dalles peintes. Nécropolis servit de cimetière du IIe siècle avant notre ère au VIe siècle. Elle était réservée aux Alexandrins d'origine grecque. Ce réseau souterrain devint ensuite un refuge pour les chrétiens persécutés. Aujourd'hui, il est habité par les miséreux, et les trafiquants en ont fait leur repaire. Sous la direction de Jean-Yves Empereur (CNRS), les archéologues y mènent une fouille d'urgence. C'est grâce à leurs travaux que la société française d'infographie Spoutnik a pu effectuer cette magnifique reconstitution. C. C.

SPOUTNIK/GEDEON/SYGMA



RECHERCHE

PAR ISABELLE BOURDIAL



Les dinosaures étalent leurs plumes

© NATIONAL GEOGRAPHIC

Les oiseaux sont-ils vraiment les descendants des dinosaures ? La découverte de deux dinosaures emplumés relance la polémique.

Deux nouveaux dinosaures à plumes postulent au titre d'ancêtres directs des oiseaux. Les théropodes (dinosaures carnivores) *Caudipteryx* et *Protarcheopteryx* ont de véritables plumes, et non pas du duvet, comme *Sinosauropteryx*, un autre prétendant identifié l'an dernier et finalement classé parmi les volatiles.

Cette fois, l'origine des oiseaux se précise, affirment les découvreurs américain, canadien et chinois Mark Norell, Phil Currie, Ji Qiang et Ji Shu-An.

Agés de 145 millions d'années, les deux dinosaures découverts en Chine ont la taille d'un grand dindon. Leur plumage ne leur permettait pas de voler. Les paléontologues en déduisent que les plumes – du moins au début – ont évolué indépendamment du vol. L'organe est donc apparu bien avant la fonction.

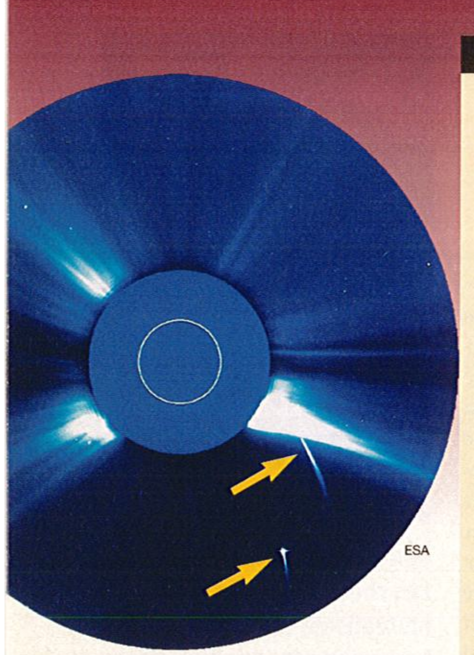
Jusqu'à présent, les plumes constituaient un caractère clef permettant d'identifier un oiseau. Désormais, le seul caractère qui définit la gent ailée est la présence d'un unique osselet dans l'oreille moyenne, caractère partagé avec les reptiles. Un animal à plumes n'est pas forcément un oiseau !



Protarcheopteryx, ici reconstitué à partir du fossile découvert en Chine (en haut), est candidat au titre d'ancêtre des oiseaux.

Il se peut donc que les oiseaux soient les descendants des dinosaures carnivores. Mais cette découverte introduit une hypothèse de rechange : ils proviennent peut-être d'un tout petit groupe de vertébrés à plumes capables de voler – qu'il ne reste qu'à découvrir…

M.-S. G.


ESA

ASTRONOMIE

Comètes kamikazes

Durant ses trois années d'observation, le satellite *SOHO* a découvert cinquante-cinq comètes. Le 1er juin dernier, son coronographe LASCO a même saisi simultanément l'irruption de deux comètes dans la couronne solaire (flèches). Ces astres de glace se sont approchés à moins de 50 000 km du Soleil avant de s'évaporer. Ils appartiennent à une classe de comètes dont les orbites se trouvent à moins de 2 millions de kilomètres du Soleil. Vingt-cinq des comètes découvertes par *SOHO* appartiennent à cette famille vraisemblablement issue d'une gigantesque comète – décrite par Aristote – qui se sépara en plusieurs fragments. Ph. H.

NEUROLOGIE

STIMULANTE LANGUE DES SIGNES

■ La langue des signes active de façon inattendue l'hémisphère droit du cerveau. Jusqu'à présent, les scientifiques étaient persuadés que le traitement du langage avait lieu dans l'hémisphère gauche.
Mais une équipe internationale a récemment publié dans la revue américaine *Proceedings of the National Academy of Sciences* des résultats contradictoires. Ils ont étudié le cerveau en pleine activité d'individus comprenant la langue des signes, au moyen de l'imagerie par résonance magnétique. Des zones homologues à droite étaient également activées ! Il aurait pu s'agir d'une réadaptation du cerveau à la surdité. Mais les scientifiques observent aussi une activité de l'hémisphère droit chez des sujets non sourds qui communiquent par signes, ce qui prouve que c'est une particularité de la langue des signes, que le cerveau interprète d'une manière originale. Reste à confirmer la découverte... **O. B.**


Emmanuelle Laborit, apôtre de la langue des signes.
BAUMANN/SIPA PRESS

BOTANIQUE

Cri de détresse olfactif

Pour lutter contre les insectes ravageurs, les plantes émettent des substances volatiles capables d'attirer les parasites de leurs prédateurs. Une équipe américaine vient de montrer (*Nature,* 5 juin 1998) que ce type de communication entre végétaux et animaux est très élaboré : le tabac, le coton ou le maïs émettent des "cris" olfactifs distincts selon l'assaillant.
Les parasites ne s'y trompent pas. *Cardiochiles nigriceps*, une petite guêpe, ne se dérange que pour les effluves dégagées par ces trois plantes lorsqu'elles sont attaquées par la chenille d'*Heliotis virescens*. Si l'agresseur est une chenille qui l'indiffère, telle qu'*Helicoverpa zea*, elle ne bronche pas. Pas folle, la guêpe... **G. M.**

Agressé par un insecte, le coton lance un SOS olfactif à l'intention des prédateurs du ravageur.

C. S. WOLINSKY/ COSMOS

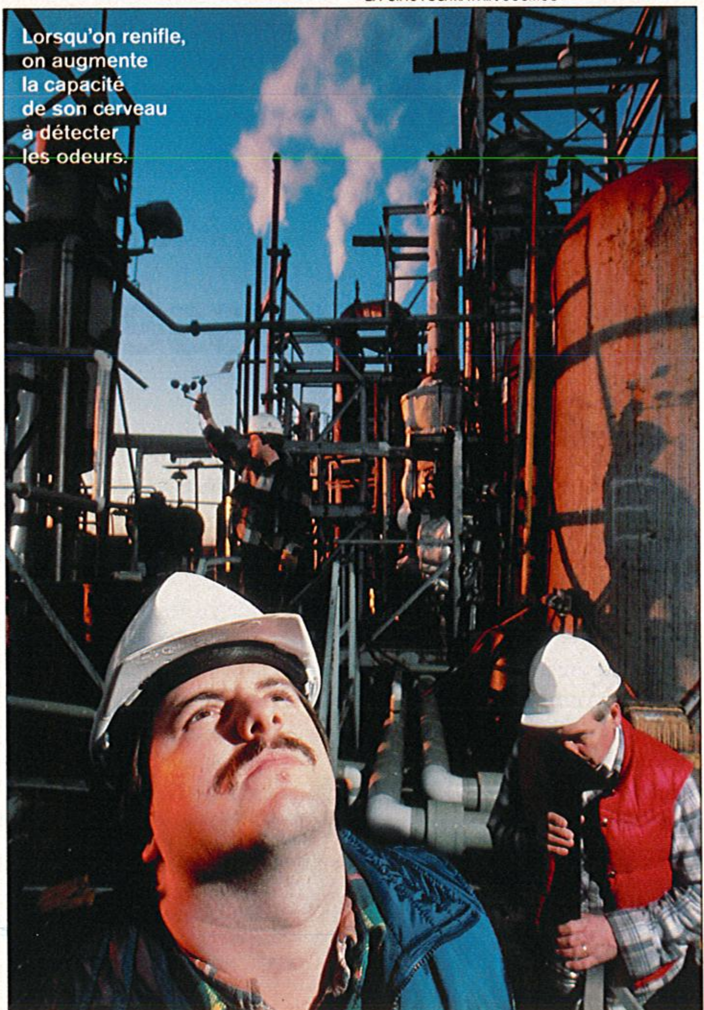
PHYSIOLOGIE

Sentir n'est pas renifler

Pour humer les odeurs ambiantes, les mammifères reniflent. Ils transportent ainsi davantage de molécules jusqu'aux récepteurs olfactifs, situés dans les fosses nasales. En utilisant l'imagerie cérébrale, des chercheurs de l'université Stanford, à Palo Alto (Californie), viennent de montrer que, chez l'homme, diverses régions cérébrales sont activées selon qu'on renifle ou qu'on détecte une odeur. Les scientifiques supposent que le reniflement prépare le cerveau à l'arrivée d'une odeur. Une fois informé, il serait plus performant dans la détection des odeurs.

Par ailleurs, des biochimistes du CNRS, à Montpellier, viennent de localiser un millier de gènes qui codent pour les récepteurs olfactifs humains. Ils sont répartis sur presque tous les chromosomes, et 72 % d'entre eux sont incapables de fonctionner. Ce qui expliquerait pourquoi l'homme a un odorat si médiocre. **G. M.**

L. PSIHOYOS/MATRIX/COSMOS



Lorsqu'on renifle, on augmente la capacité de son cerveau à détecter les odeurs.



D. YU

ZOOLOGIE

Fourmis castratrices

Plantes et insectes échangent parfois des services. Les chercheurs nomment mutualisme ces relations de bon voisinage. Les fourmis de l'espèce *Allomerus* protègent ainsi la plante amazonienne *Cordia nodosa* contre d'autres insectes, notamment les scarabées. En échange, la plante héberge les fourmis dans les petites cavités de ses tiges. Mais les locataires vont plus loin. Elles détruisent les fleurs de leur hôte. L'ablation des organes reproducteurs semble favoriser la croissance du végétal. Les fourmis disposent ainsi d'un habitat spacieux et durable. Cependant, une espèce castrée ne peut, par définition, assurer sa pérennité, ce qui, pour les fourmis, revient à tuer la poule aux œufs d'or. L'histoire se finit bien : une autre espèce de fourmis, nommée *Azteca*, habite également *C. nodosa*. Et elle n'est pas castratrice. Ce qui permet à la plante d'assurer sa reproduction. O. B.

CANCÉROLOGIE

Tuer les cellules cancéreuses

L'immortalité des cellules tumorales pourrait inspirer la mise au point de futurs agents anticancéreux. Une équipe canadienne de l'université de Sherbrooke (Québec) a isolé pour la première fois chez les mammifères la protéine *hnRNP A1, responsable de la pérennité des cellules cancéreuses. En la neutralisant, on pourrait rétablir le vieillissement de la cellule tumorale, ce qui, à terme, entraînerait sa mort.

Cette protéine serait une cible plus intéressante que la télomérase, une enzyme également impliquée dans le processus d'immortalité qui n'est pas exprimée dans la cellule saine, laquelle, de ce fait, vieillit. En effet, la télomérase n'est activée que dans 85 % des cancers, alors que *hnRNP A1 se trouve dans toutes les tumeurs. K. M.

La cellule cancéreuse a révélé la protéine responsable de son immortalité.

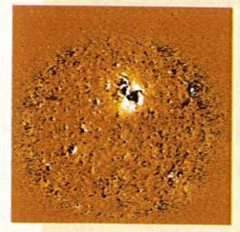
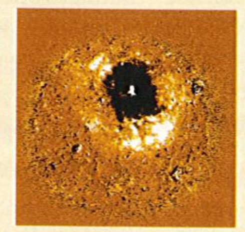
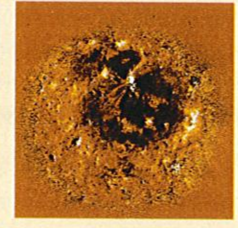
NCI/SPL/COSMOS

ASTRONOMIE

TREMBLEMENTS DE SOLEIL

Juste avant d'achever sa mission, le satellite *SOHO* a envoyé des images qui prouvent que le Soleil connaît des séismes fantastiques. Plus précisément, puisqu'il n'y a pas de croûte solide, il s'agit de remontées à la surface de flots de plasma venant de l'intérieur et provoquant des ondes sismiques identiques à celles qui se forment dans les entrailles de la Terre. L'onde de choc observée sur la couronne solaire équivaut à un séisme de 11,3 sur l'échelle de Richter, c'est-à-dire 40000 fois plus violent que celui qui ravagea San Francisco en 1906. Ce phénomène serait la réponse sismique aux éruptions solaires qui projettent du plasma dans l'espace mais secouent aussi l'intérieur du Soleil. J.-F. R.

Trente-quatre minutes séparent la première et la troisième photo du séisme.

SOHO-EIT

PALÉONTOLOGIE

Les premiers tissus

Simplement conservés par leur empreinte dans l'argile, les plus vieux textiles connus ont été découverts sur le site paléolithique de Dolni Véstonice (République tchèque), fréquenté de 29000 à 22000 ans avant notre ère. Les 43 fragments d'argile cuite ont été prélevés à l'emplacement d'une hutte brûlée. Selon Olga Soffer (université de l'Illinois) et James Adovasio (institut archéologique Mercyhurst, Pennsylvanie), certains tissus, formés de fils entrelacés, étaient probablement des tapis de sol, tandis que les autres, faits de fils noués, étaient vraisemblablement des filets. C. C.

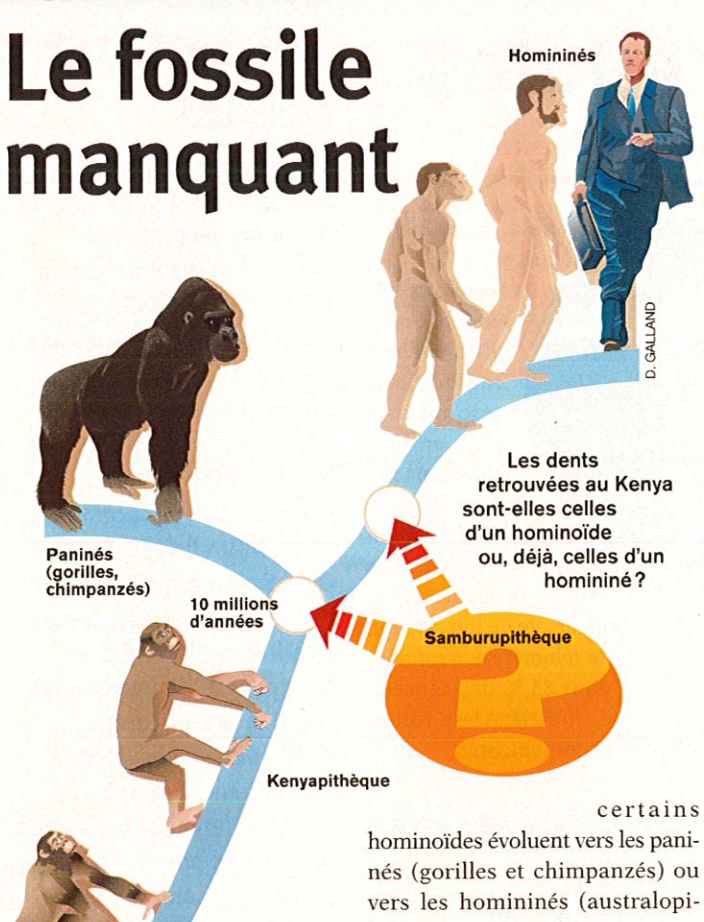
ASTROPHYSIQUE

Espace profond

Ce mois-ci, le VLT (Very Large Telescope), à ouvrira la voie au télescope spatial *Hubble* en visant dans la constellation du Toucan le champ choisi pour le deuxième sondage profond de l'Univers, le Hubble Deep Field 2, prévu pour octobre. Le premier cliché, pris dans la Grande Ourse, avait permis d'observer les galaxies les plus lointaines de l'Univers. Ph. H.

PALÉOANTHROPOLOGIE

Le fossile manquant



Le fameux ancêtre commun, celui que nous partageons avec les grands singes actuels, vient de montrer les dents… Le bout de maxillaire trouvé à Samburu (Kenya) par Martin Pickford (Muséum national d'histoire naturelle) et Hidemi Ishida (université de Kyoto, Japon) date de 9,5 millions d'années (Ma).

Il se situe donc au cœur de la période la plus obscure de notre histoire. C'est, en effet, après 10 Ma que les paléontologues et les généticiens ont fixé le moment où certains hominoïdes évoluent vers les paninés (gorilles et chimpanzés) ou vers les homininés (australopithèques et humains).

Le paradoxe, c'est qu'aucun fossile n'avait été découvert pour la période comprise entre 10 et 7 Ma. Les paléontologues ne pouvaient raisonner que sur des fossiles bien plus anciens (de 25 à 12 Ma), donc très éloignés de ce moment crucial, et sur ceux des pré-australopithèques, âgés au maximum de 6,5 Ma.

Le maxillaire de Samburu constitue donc une nouvelle espèce, particulièrement intéressante, bien qu'elle ne soit représentée que par quelques dents. *Samburupithecus* présente à la fois des caractères proches des homininés et des caractères hominoïdes. Ce qui le placerait non pas après mais juste avant l'émergence des homininés. C. C.

GÉOCHIMIE

Des gaz nobles dans le manteau

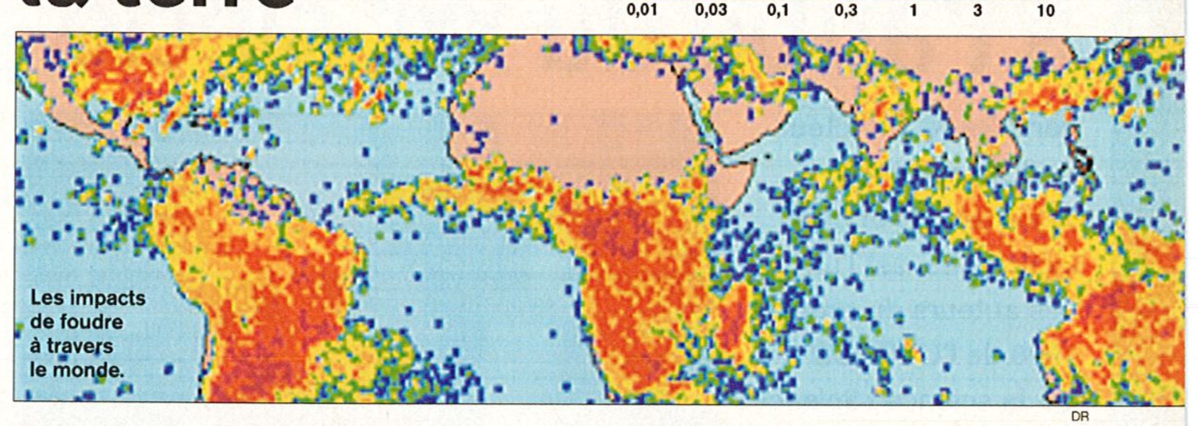
Plusieurs gaz présents dans l'atmosphère proviennent de l'intérieur de la planète : dissous dans le manteau terrestre, ils en sont expulsés lors des éruptions volcaniques. C'est en particulier le cas des gaz dits "nobles", argon, xénon et krypton. Mais des expériences effectuées par des géophysiciens français (*Nature*, 28 mai 1998) montrent qu'à haute pression les gaz nobles ne sont plus solubles dans le silicate fondu, principal composant du manteau. En effet, au-dessous de 150 km de profondeur, les molécules de silicate sont si comprimées qu'elles ne laissent pas assez d'espace aux grosses molécules d'argon, de xénon et de krypton. Par ailleurs, les travaux d'un chercheur d'Oxford établissent qu'à température et à pression élevées ces trois gaz nobles "adoptent" l'état solide. Toutes ces recherches suggèrent donc que, contrairement à ce qu'on croyait, de l'argon, du xénon et du krypton solides seraient stockés dans les profondeurs du manteau terrestre sans pouvoir se libérer dans l'atmosphère. H. G.


F. X. HARIT/COSMOS

L'Etna en éruption

CLIMATOLOGIE

La foudre préfère la terre



Les impacts de foudre à travers le monde.

DR

Les coups de foudre sont plus fréquents sur terre que sur mer, selon les données recueillies par la caméra LIS à bord du satellite américano-japonais *TRMM* (Tropical Rainfall Measuring Mission). L'instrument spatial enregistre, en effet, les impacts de foudre au sol et à l'intérieur des nuages.

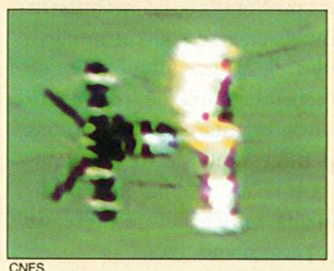
De décembre 1997 à février 1998, la foudre a éclaté neuf fois sur dix au-dessus des continents, dans la zone comprise entre 35° de latitude nord et sud. Explication de Hugh Christian, responsable scientifique de LIS au Centre global d'hydrologie et du climat, à Huntsville (Alabama) : le phénomène de convection (courant ascendant d'air chaud vers les couches supérieures froides de l'atmosphère) est plus important au-dessus des terres, ce qui favorise la foudre.

Ch. C.

TÉLÉDÉTECTION

SATELLITE EN VUE

■ Cette image du satellite *ERS-1* survolant le Niger est une première. Elle a été prise à 820 km d'altitude par un autre satellite, *SPOT 4*, dont l'orbite passe à 41 km au-dessus d'*ERS-1*. Sur l'image traitée par le CNES, on distingue, à droite, la plate-forme et le panneau solaire du satellite européen, à gauche, la longue antenne de 10 m de côté de son radar à synthèse d'ouverture, ainsi que deux des trois antennes du diffusiomètre qui mesure le champ de vent. Les plus petits détails saisis par *SPOT 4* mesurent 50 cm.



CNES

ASTROPHYSIQUE

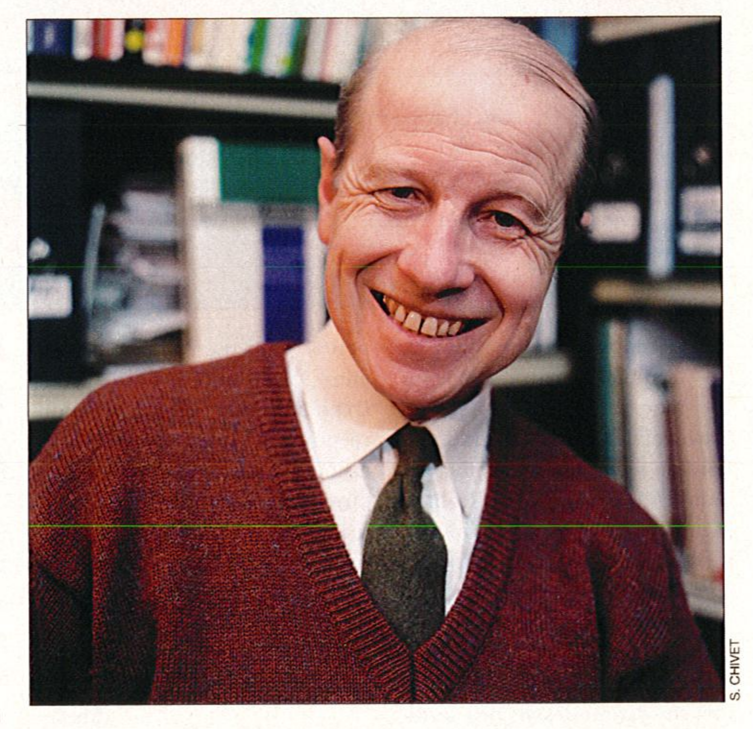
Encore des planètes !

L'astronome suisse Michel Mayor vient de confirmer la découverte de deux nouvelles planètes extrasolaires, ce qui porte leur nombre à treize. La première, localisée autour de l'étoile 14 Herculis, a une révolution de 4,4 années, la plus longue période détectée pour une planète. Ce monde gazeux de 3,3 fois la masse de Jupiter est, à ce jour, le seul à ressembler aux planètes du système solaire par ses paramètres orbitaux. La seconde planète, découverte autour de l'étoile Gliese 876, à 15 années-lumière de la Terre (la plus proche jamais trouvée), a une masse de 1,5 fois celle de Jupiter et une période très courte de soixante jours. Ph. H.

ENTRETIEN

La recherche, à l'aube du XXIe siècle

Rémi Barré, directeur de l'Observatoire des sciences et des techniques, est l'un des auteurs du rapport 1998 de l'UNESCO sur la science (*Science & Vie* n° 970, p. 80).


S. CHIVET

Science & Vie : Les années 90 ont-elles profité au progrès scientifique?

Rémi Barré : Plus que jamais, nous vivons une période de découverte, d'innovation, de création. Nous sommes à l'opposé de l'épuisement de la science prévu par certains futurologues, qui prétendaient qu'il n'y aurait bientôt plus rien à découvrir.

Dans quelle mesure la globalisation de l'économie mondiale influence-t-elle la recherche?

La capacité d'innovation dépend du contexte national. A l'inverse de l'Europe, les Etats-Unis s'appuient sur une grande tradition universitaire qui sait rester au contact du monde économique et industriel. Au Japon, où ce sont les grandes entreprises qui financent la recherche fondamentale, les difficultés économiques suffisent à affaiblir le secteur de la recherche.

Ces politiques nationales sont influencées par la globalisation de l'économie, de l'information et des échanges. La globalisation s'est elle-même accompagnée d'un durcissement des règles sur la propriété intellectuelle. Celui qui brevète ses découvertes pourra mieux se défendre. C'est positif, mais attention au risque de privatisation de la connaissance!

L'implication croissante des multinationales dans la recherche appliquée n'est-elle pas en train de modifier en profondeur le paysage scientifique?

Les multinationales mobilisent d'importantes ressources intellectuelles – les leurs comme celles de la recherche publique – pour promouvoir et vendre des innovations bénéfiques pour les consommateurs et les services publics : médicaments, infrastructures, réseaux plus performants, etc.

Cependant, des monopoles de connaissance peuvent émerger si une multinationale décide d'appliquer rigoureusement les règles de la propriété intellectuelle. On voit des firmes passer avec des universités des contrats stipulant des clauses de protection intellectuelle pour la multinationale, sous prétexte que c'est elle qui paie. Il y a un risque de généralisation, car les multinationales deviennent de plus en plus riches, et les universités, dans certains pays, de plus en plus pauvres. Il faut que la puissance publique et les universités constituent une force face aux multinationales pour établir des règles de partenariat qui respectent les missions de chacun.

Propos recueillis par Loïc Chauveau



Dééé...capsulez-moi

PUBLICIS CONSEIL 0254

L'ABUS D'ALCOOL EST DANGEREUX POUR LA SANTÉ. À CONSOMMER AVEC MODÉRATION.

ASTRONOMIE

Les candidats à la succession de *Hubble*

La NASA vient de sélectionner les quatre “finalistes” pour la fabrication du télescope spatial qui doit remplacer *Hubble*, dont la mission s’achève en 2010. Le *NGST* (New Generation Space Telescope) devrait être lancé en 2007 et rester opérationnel pendant une décennie pour un coût annuel de 15 à 25 millions de dollars.



Projet de Ball Aerospace

Projet du Goddard Space Flight Center

Goddard Space Flight Center

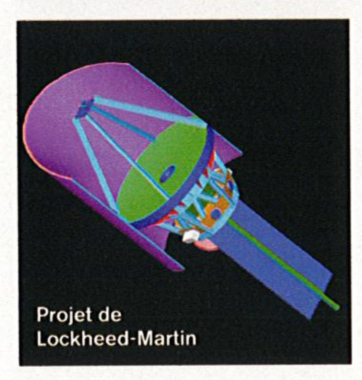
Son télescope aurait un miroir principal de 8 m de diamètre, déployable à la manière des antennes paraboliques de certaines sondes spatiales. L’instrument serait lancé sur une orbite distante de 1,5 million de kilomètres de la Terre. Un grand panneau le garderait à l’ombre afin qu’il puisse observer dans l’infrarouge.

Ball Aerospace

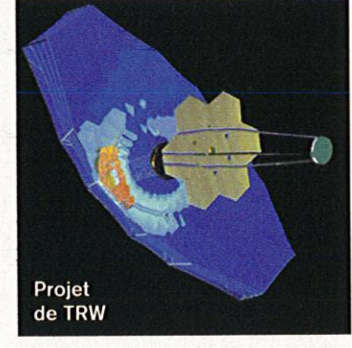
Le projet de Ball Aerospace est bâti sur le même principe que celui du Goddard Space Flight Center. Mais son télescope pourrait observer la moitié du ciel, contre 40 % seulement pour le projet précédent.

Lockheed-Martin

Leur idée est techniquement la plus simple : un télescope classique équipé d’un miroir monolithique de 6 m de diamètre. Lancé sur une orbite elliptique entre Mars et la ceinture d’astéroïdes, cet instrument écarté du nuage de poussière zodiacale serait trente fois plus sensible en infrarouge que les autres télescopes en projet.



Projet de Lockheed-Martin



Projet de TRW

TRW

En assemblant sept miroirs hexagonaux de 3 m, TRW propose un télescope de 9 m capable d’observer plus de la moitié de la sphère céleste.

Ph. H.

EXPOSITION

L'arbre à contes



Depuis les "bornes à paroles", Québécois et Français "content" ensemble.

Durant l'été, les ateliers de l'exposition que la Cité des sciences consacre au cyberespace fonctionnent sans interruption. L'un d'eux illustre joliment les usages possibles des nouveaux réseaux de communication. "Conter ensemble" est un atelier interactif destiné à impliquer, à distance, un public francophone autour d'un même projet, et à l'initier aux capacités du multimédia. Au départ, six embryons d'histoire ont été enregistrées dans une "borne à paroles". Tout auditeur devient à son tour narrateur : il écoute l'une des versions, la modifie oralement à son gré ou l'enrichit d'un nouveau chapitre. Le conte prend ainsi une forme arborescente et alternative.

Plusieurs "bornes à paroles" sont accessibles dans la Cité des sciences, mais aussi au musée de la civilisation de Québec (Canada) et à la fondation Orangina de Marseille. D'autres seront installées dans des musées ou des Alliances françaises aux quatre coins de la Terre.

• *Retrouvez tous les mois dans cette rubrique l'actualité de l'exposition "Nouvelle image, nouveaux réseaux. Passeport pour le cybermonde", réalisée avec le soutien de Science & Vie.*

ZOOLOGIE

LES OISEAUX RACONTENT LEUR VIE

■ Quand une fauvette femelle écoute le chant d'un mâle, elle apprend du même coup sa biographie. Des scientifiques de l'université Duke (Durham, Caroline du Nord) ont découvert que la qualité du chant d'un mâle reflète la qualité de sa vie : au stade juvénile, les oiseaux bien portants apprennent à chanter plus vite et mieux; leurs mélodies sont plus complexes. Devenus adultes, ces oiseaux bien nourris et peu stressés par les parasites offrent les plus beaux chants. Les "oiselles" ont donc tout intérêt à choisir les meilleurs ténors. M.-S. G.



Chante, je te dirai qui tu es.

C. MEYER/BIOS

BIOLOGIE

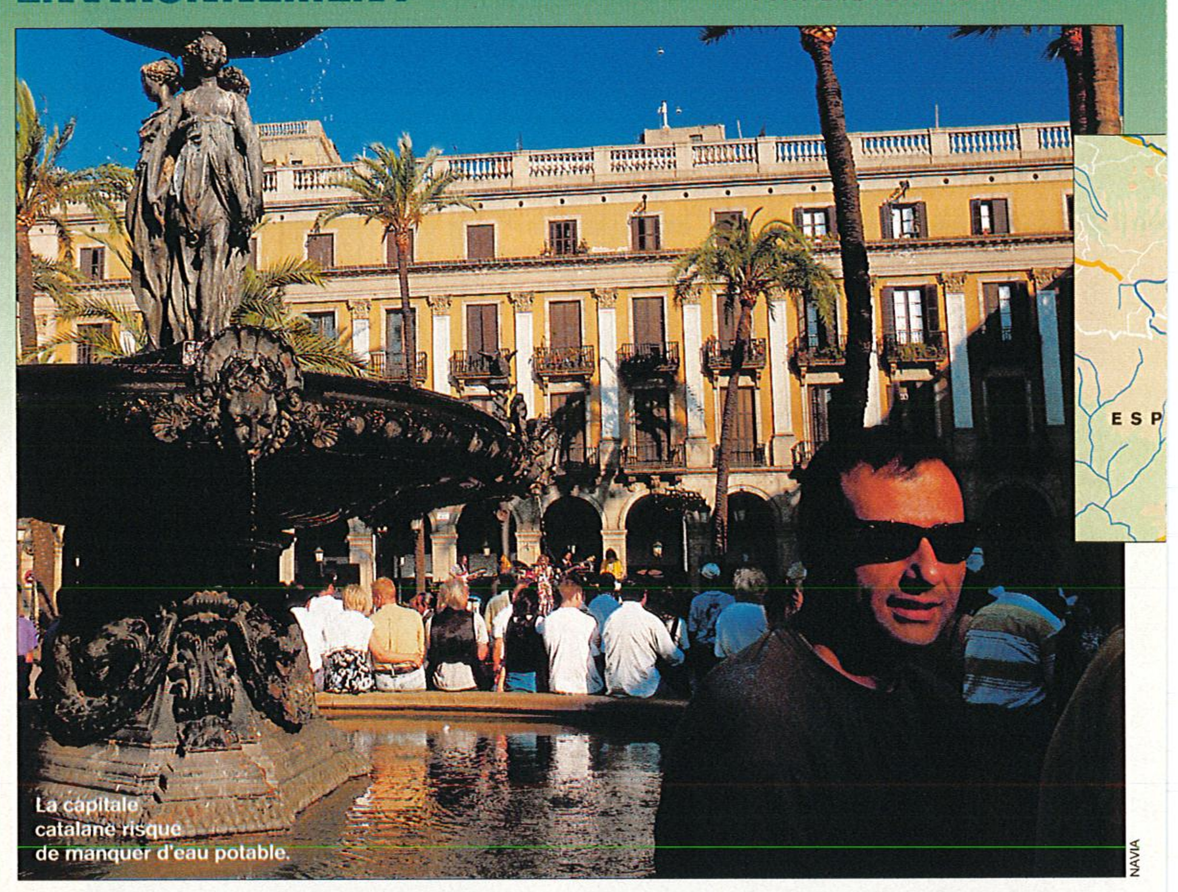
L'hormone antisexe

L'hormone AMH que le Pr A. Jost, son découvreur, a appelée hormone anti-féminine, pourrait bien être rebaptisée hormone antisexe. En effet, au cours de leur genèse, les embryons ont la possibilité de développer soit des organes génitaux mâles, soit des organes génitaux femelles. Chez les mâles, l'AMH ne se contente pas de faire régresser les canaux de Müller, qui sont à l'origine des trompes et de l'utérus. Une équipe de l'INSERM vient de montrer qu'elle s'oppose également, dans les testicules des souris, à la maturation des cellules productrices de la testostérone, les cellules de Leydig. Quand elles sont soumises à de forts taux d'AMH, celles-ci ont en effet plus de mal à fabriquer des stéroïdes. Bien qu'il soit trop tôt pour extrapoler, il est possible que l'AMH joue le même rôle de répresseur sexuel chez l'homme. V. D.

Ont collaboré à cette rubrique : Olivier Blond, Catherine Chauveau, Loïc Chauveau, Virginie David, Marie-Sophie Germain, Hélène Guillemot, Philippe Henarejos, Géraldine Magnan, Kelly Martial, Jean-François Robredo.

ENVIRONNEMENT

PAR DIDIER DUBRANA



La capitale catalane risque de manquer d'eau potable.

NAVIA

Barcelone abreuvée à l'eau du Rhône

En 2004, les Barcelonais boiront l'eau du Rhône. Long de 316 km, l'"aqueduc du XXIe siècle" courra sous terre de Montpellier à la capitale catalane.

L'"aqueduc du XXIe siècle" drainera l'eau du Rhône de Montpellier à Barcelone, *via* 316 km de canalisation souterraine (195 en France, 121 en Espagne). Objectif : alimenter la capitale catalane en eau potable et pallier le risque de déficit en ressources hydrauliques de la ville, évalué pour 2002 à plus de 200 millions de mètres cubes par an.

Ce projet fanco-espagnol a été lancé en 1995. Avant de l'adopter, la Catalogne a tenté de trouver des solutions nationales : le dessalement de l'eau de la Méditerranée et le transfert de l'eau de l'Ebre (au Sud de cette région). Mais la première solution présentait certains inconvénients : système pas encore au point, prix de revient de l'eau élevé. Quant à la seconde, compte tenu du faible débit du fleuve l'été (12 m³/s en moyenne), la ville n'aurait pas été alimentée régulièrement.

Le président de la Catalogne, Jordi Pujol, s'est donc tourné vers la France. Le Rhône déverse dans la

L'aqueduc irait du canal Philippe Lamour, près de Montpellier, à la station de traitement de Cardedeu, en Catalogne.



A. MEYER

Méditerranée 54 milliards de mètres cubes d'eau par an. Cet important volume est dû au grand bassin versant du fleuve et à son parcours à travers les Alpes.

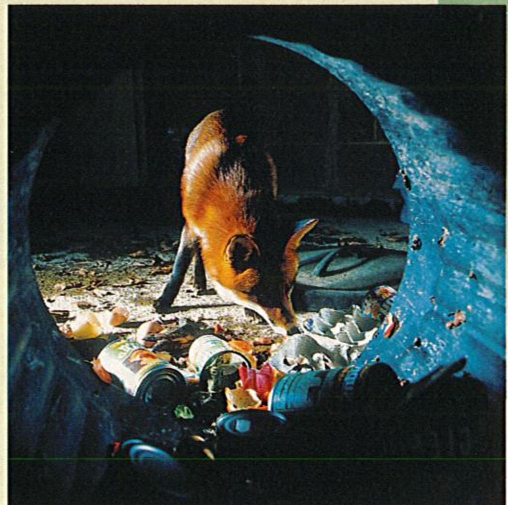
De 300 à 450 millions de mètres cubes partiront donc vers l'Espagne chaque année, dans une canalisation de 2,80 m de diamètre, enterrée à 3 m de profondeur. Côté français, la conduite commencera au canal Philippe Lamour, près de Montpellier, puis passera par Béziers et près de Perpignan. Le tracé espagnol jusqu'à la station de traitement de Cardedeu, près de Barcelone, reste à déterminer.

Le franchissement des Pyrénées se fera sous le col du Perthus, à 200 m au-dessus du niveau de la mer. Pour atteindre cette hauteur, cinq stations de pompage seront installées le long du parcours. A l'arrivée, le débit sera de 15 m^3/s.

Les producteurs de fruits et légumes des Pyrénées-Orientales, qui redoutent la concurrence espagnole, se montrent hostiles au projet. Quant au gouvernement espagnol, il ne s'est pas encore prononcé. Si Madrid donne son feu vert, les travaux devraient démarrer en 1999, et la première livraison d'eau se ferait en 2004. **Ch. C.**

ÉVOLUTION

LA CRÉATURE DU FUTUR


NHPA/SUNSET

■ Qui est la "créature du futur"? Non, ce n'est pas le tamagotchi, c'est le renard! A une époque où de nombreuses espèces sont en voie de disparition, la population de renards roux ne cesse d'augmenter, surtout en Grande-Bretagne. C'est le carnivore sauvage qui connaît la plus grande distribution : on l'observe dans tout l'hémisphère nord (à l'exception du Groenland) et en Australie. Cet excellent chasseur a perfectionné sa technique. Selon le spécialiste canadien David Henry, il chasse plus en félin qu'en canidé.
Le renard a même conquis les territoires urbains, où il s'épanouit. Il a élargi son régime alimentaire au point que, selon Paul Rego, un biologiste du Connecticut (Etats-Unis), certains individus survivent en s'alimentant à 95 % de fruits. Bref, le renard est devenu un animal "superadapté", sans doute l'un des seuls à vivre en harmonie dans une nature défigurée par l'homme. **M.-S. G.**

ÉTHOLOGIE

Les élans n'aiment pas le savon

Les élans sont très friands de jeunes bouleaux, d'épicéas et de pins sylvestres. Pour les en éloigner, les forestiers finlandais cachent au pied des frêles pousses de petits savons parfumés qui masquent leurs effluves. Quand les arbres grandissent, on emploie un autre subterfuge : sur les branches situées à hauteur du museau des élans, on éparpille des cheveux récupérés chez les coiffeurs. Effrayés par l'odeur humaine, les élans délaissent leur mets favori... G. M.

J.W.WARDEN/COSMOS

ENVIRONNEMENT


Une salamandre tigrée dévorant une larve de sa propre espèce.

D. PFENNIG

ZOOLOGIE

Le cannibalisme rend malade !

Pourquoi le cannibalisme, apport nutritionnel fort intéressant, est-il si rare dans la nature ? Ce type d'alimentation coûte cher aux individus trop gourmands, répondent trois scientifiques du département "écologie, éthologie et évolution" de l'université de l'Illinois (Etats-Unis). Les cannibales et leur nourriture, génétiquement très proches, sont sensibles aux mêmes agents pathogènes. La plupart des animaux préfèrent donc éviter le danger.

Les chercheurs ont observé le comportement alimentaire de salamandres tigrées (*Ambystoma tigrinum*), qui présentent une tendance naturelle au cannibalisme. Au menu : larves de leur espèce ou larves de salamandres à petite bouche (*Ambystoma texanum*). Résultat : les maladies et les décès sont nettement plus nombreux chez les individus qui se sont régalés de leurs congénères que chez ceux qui ont avalé des individus de l'espèce voisine. **G. M.**

ECOLOGIE

LE BON "BOKASSA"

Une équipe de l'ORSTOM vient de démontrer l'action bénéfique de *Chromolaena odorata* au Cameroun et en Côte-d'Ivoire. Cette astéracée géante, qui mesure de 2 à 4 m de hauteur, agit comme un pare-feu et enrichit les sols où elle pousse. Jusqu'à présent, cette plante souffrait d'une mauvaise


ORSTOM

réputation : elle est si envahissante que les Camerounais l'avaient surnommée "Bokassa grass"... **V. D.**

HERPÉTOLOGIE

Grenouilles "sirènes"

Chez les grenouilles arboricoles *Platymantis vitiensis*, aux îles Fidji (Pacifique), ce sont les femelles qui chantent pour attirer les mâles. Et il en va de même chez les grenouilles africaines *Xenopus laevis*. Longtemps ignoré des herpétologues, le chant des femelles semble plus fréquent qu'on ne le pensait. En période de reproduction, les "sirènes" appellent ces messieurs puis entament avec eux des duos. Cet échange sonore leur permet de se trouver aisément dans les eaux turbides. **M.-S. G.**

BOTANIQUE

A comme arbre

Le premier dictionnaire mondial des arbres (en anglais) se trouve sur Internet. En cours d'élaboration, il devrait finalement recenser plus de 60 000 espèces, classées par continent. L'ouvrage propose une fiche botanique de chaque arbre (taille, feuillage, utilisation). **Ch. C.**
http://www.wdt.qc.ca

ENVIRONNEMENT

SYLVICULTURE

La sauterelle bûcheron

Tel un énorme insecte mécanique, la toute dernière machine forestière de la société finlandaise Timberjack se déplace sur six pattes articulées. En quelques secondes, elle transforme l'arbre à abattre en tronçons réguliers bien alignés.

La redoutable mâchoire de la "machine qui marche" enserre puis tranche le pied du bouleau ou du conifère. La sauterelle géante tient l'arbre à bout de bras, l'ébranche et le coupe en deux dans toute sa longueur, avant de le débiter à l'aide d'une scie circulaire.

Pendant ce temps, des roues dentées ont mesuré, au millimètre près, le diamètre et la longueur de l'arbre. Le forestier sait donc exactement quel volume de bois il pourra vendre. Les données s'affichent automatiquement sur l'ordinateur de commande.

Jusqu'à présent, toutes les abatteuses forestières étaient équipées de roues ou de chenilles. La nouvelle machine, elle, peut travailler dans des terrains escarpés et enjamber les obstacles. En outre, sa conduite semble un jeu d'enfant : il suffit de manipuler un "joystick".

Près des trois quarts du territoire finlandais sont couverts de forêts. Aussi les hommes sont-ils passés maîtres dans la manière de l'exploiter, parvenant à l'équilibre entre la "forêt plaisir" et la "forêt commerce". Aujourd'hui, la Finlande est le premier producteur de papier européen et le deuxième exportateur du monde.

G. M.



La machine forestière de la société finlandaise Timberjack et ses six pattes articulées.

DR



DR

INTERNET

Incendies à la loupe

Pour permettre de comprendre pourquoi des incendies ravagent la planète et quelles sont leurs conséquences sur le climat mondial, la NASA vient d'ouvrir un site sur le Web. Pour chaque région touchée (Brésil, Mexique, Afrique, etc.), des photos satellite émanant de plusieurs sources (CNES, ESA, NOAA...) donnent des informations complémentaires. On peut suivre l'évolution des foyers (image ci-dessus), visualiser les émanations de fumée, découvrir la végétation brûlée... Ch. C.

http://modarch.gsfc.nasa.gov/fire-atlas/fires.html

Ont collaboré à cette rubrique : Christelle Célarié, Virginie David, Marie-Sophie Germain, Géraldine Magnan.

PRIMATOLOGIE

Les joies de l'homosexualité

A l'instar de bon nombre de primates, les femelles macaques japonaises (*Macaca fuscata*) aiment leurs consœurs. A en croire les derniers travaux de trois chercheurs du département d'anthropologie de l'université de Montréal (Canada), les gros câlins donnent beaucoup de plaisir aux femelles homosexuelles... et rien d'autre que du plaisir.

Macaques japonais.

H. REINHARD OKAPIA BIOS

Après avoir observé un groupe de trente-sept individus (mâles et femelles) pendant plusieurs mois, les scientifiques concluent que les macaques japonais ont un comportement bien différent de celui de la plupart des singes homosexuels.

Chez les bonobos et les capucins, ce type de relations renforce les liens sociaux : signe du rang hiérarchique dans le groupe, union contre plus fort que soi, canalisation de l'agressivité... En période d'ovulation, l'homosexualité des femelles est également un artifice pour exciter les mâles.

Mais, chez les macaques japonais, rien de semblable. Quelques vocalises, quelques signes de tête, et les femelles se retrouvent dans un coin isolé pour s'offrir du plaisir. Elles auraient même des rapports pendant leur grossesse. **G. M.**

ETHOLOGIE

L'akodon préfère les patates

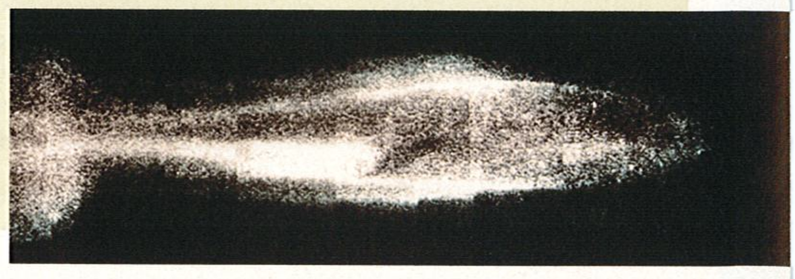
Pourquoi le jeune akodon, un petit rongeur sud-américain, préfère-t-il les patates aux graines de tournesol – mets favori de ses aînés ? C'est qu'il a longuement reniflé la bouche de sa mère qui n'avait pas pu choisir son repas : pour elle, uniquement des pommes de terre au menu. Olga Suarez et Fernando Kravetz, de l'université de Buenos Aires (Argentine), viennent ainsi de montrer le rôle de la mère dans l'apprentissage de la sélection de la nourriture. G. M.

CÉTOLOGIE

DAUPHINS ÉCLAIRÉS

■ Dans les eaux tropicales des Antilles, il n'est pas rare d'observer des dauphins luminescents. Des scientifiques de l'université de San Diego (Californie) ont élucidé le mystère de ces cétacés fantomatiques. Leur luminescence provient de dinoflagellés (principaux constituants du phytoplancton) phosphorescents qui les accompagnent. C'est la déformation des cellules de dinoflagellés par le "cisaillement" (différence de vitesse entre le flot hydrodynamique qui enveloppe le dauphin et l'eau environnante) qui produit de la lumière. Ce phénomène permet aux hydrodynamiciens de visualiser le flot autour des grands mammifères marins. La bioluminescence est désormais un outil de recherche. **M.-S. G.**

M. LATZ



TECHNOLOGIE

PAR GERMAIN CHAMBOST



Au cours d'essais, le robot Firemaster a supporté sans dommage une chaleur de 800 °C pendant dix minutes.

REX/SIPA

Le robot du feu

Piloté à distance, un robot motorisé peut intervenir au cœur d'un incendie, sans risque pour les pompiers.

Conçu et fabriqué par la firme britannique JCB à la demande des pompiers de Dewsbury, dans le West Yorkshire, le JCB 165 Robot Firemaster est capable d'intervenir au cœur d'un incendie, alors que son conducteur, à 100 m de là, le pilote à distance.

Le Firemaster est une sorte de tracteur en acier, mû par un moteur diesel de 2,2 litres de cylindrée, monté sur quatre roues à pneus pleins, beaucoup plus résistants que des pneus gonflés à l'air. Il pèse près de 2,5 tonnes, avance ou recule à la vitesse de 11 miles à l'heure, environ 18 km/h. Lors des essais en conditions réelles, il a résisté durant une dizaine de minutes à une température de quelque 800 °C, sans dommage pour la structure en acier.

Sa principale caractéristique réside dans le bras articulé dont il est doté, un peu comme un engin de travaux publics. Ce bras peut tenir toutes sortes d'outils, une fourche, des pinces, une pelle, des mâchoires de préhension actionnées par un système hydraulique... Ce qui lui permet de saisir dans la zone de l'incendie des produits ou des objets dangereux, de dégager les débris qui gênent l'intervention des pompiers, d'éloigner du feu des fûts contenant des matières chimiques et qui risquent d'exploser, des pneus en train de brûler, etc. Toutes opérations qu'un pompier humain, même protégé par un scaphandre, ne pourrait effectuer sans courir un grand danger.

Pour rendre le guidage par télécommande le plus précis possible, deux caméras sont installées sur le toit de l'engin, qui transmettent au pilote les images de la zone d'intervention et de tout ce qu'elle contient. Enfin, le Firemaster est muni d'un réservoir d'eau d'une capacité de 60 litres.

Le pneu "indéjantable" de Michelin.



PNEUMATIQUES

On roule même à plat

Le Michelin Pax System, qui sera commercialisé à la fin de l'année, fait faire un grand bond à la technologie des pneumatiques pour automobiles. "Indéjantable", il possède des flancs courts qui limitent son déplacement latéral dans les virages, donc rendent la conduite plus précise, pour le même niveau de confort et un encombrement identique à celui des pneus actuels. Le nouveau Michelin supporte des charges plus importantes et il est doté d'un insert intérieur, placé sur la jante, grâce auquel on peut, quand le pneu est à plat, continuer à rouler sur quelque 200 km à 80 km/h, d'après le fabricant.

ALIMENTATION

QU'UN LAIT IMPUR...

■ Le lait qui provient de vaches nourries d'herbe stockée en ensilages contient des spores bactériennes dues à la fermentation. Quand ce lait sert à fabriquer du fromage à pâte dure, les spores font gonfler le fromage et brisent la croûte. Défaut rédhibitoire pour l'emmental ou le gruyère. C'est pourquoi les Suisses emploient du lait cru issu de vaches nourries d'herbe fraîche et de foin. La fromagerie modèle de la station fédérale de recherche laitière de Berne-Liebefeld filtre le lait "impur" dans des récipients en céramique dotés de pores d'un diamètre maximal de 1,4 millième de millimètre. Les spores de bactéries ne peuvent franchir cette barrière. La méthode ne s'applique qu'au lait maigre, car les particules de matière grasse risquent d'obturer le filtre. Or, celui-ci retient non seulement les spores nuisibles, mais aussi les bactéries acidolactiques qui fournissent les enzymes nécessaires à la maturation du fromage et lui donnent sa saveur. Il faut donc rendre au lait, après le filtrage, les bactéries bénéfiques...



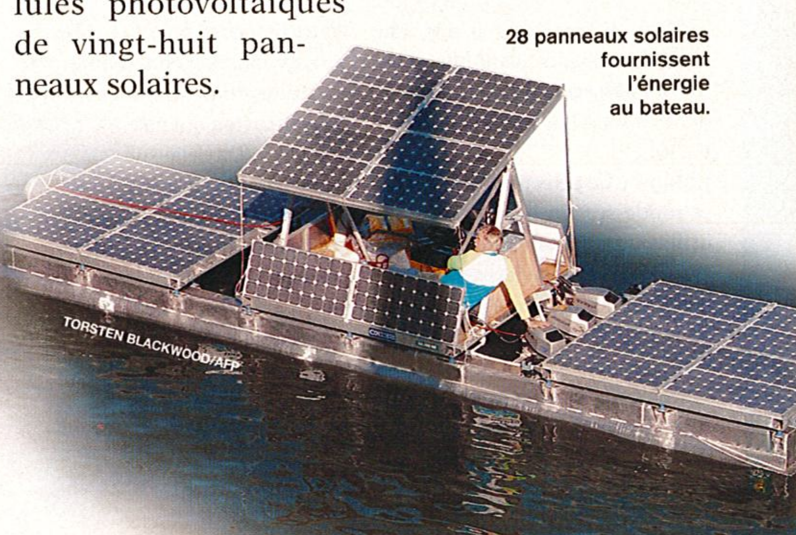
Des filtres en céramique purifient le lait.

SDA

NAVIGATION

Bateau solaire

■ En juin dernier ont commencé en Australie les essais d'un bateau à propulsion électrique de 10 m de longueur. L'énergie est fournie par les cellules photovoltaïques de vingt-huit panneaux solaires.



28 panneaux solaires fournissent l'énergie au bateau.

TORSTEN BLACKWOOD/AFP



ERNOULT/FEATURES

TRANSPORT AÉRIEN

Les turbulences au grand jour

La NASA, agence fédérale américaine pour l'espace et l'aéronautique, a entrepris l'expérimentation d'un détecteur de turbulences qui semble prometteur. Le problème des turbulences en ciel clair – par des nuages qui pourraient en révéler l'existence – est bien connu.

Nous l'avons souvent évoqué (*Science & Vie* n° 967, p. 43), à la suite d'accidents ayant blessé ou tué des passagers d'avions de ligne qui n'avaient pas leur ceinture attachée.

Le moyen de détection de la NASA se fonde sur un lidar, radar qui utilise un faisceau laser émis en avant de l'avion. Le faisceau est réfléchi par les particules d'air, puis revient vers l'émetteur. Par effet Doppler, sa fréquence varie en fonction de la vitesse des particules d'air par rapport à l'avion. Dans un air calme, cette vitesse est égale à celle de l'avion. Dans un air turbulent, dont les particules ont des mouvements erratiques, elle croît ou décroît. Il suffit de mesurer cette variation pour détecter la turbulence.

Les essais effectués au centre de recherche de la NASA, sur la base aérienne d'Edwards (Californie), ont montré que le lidar repère les zones de turbulence entre 3 et 8 km devant l'avion. Soit entre douze et trente-cinq secondes, pour un avion qui vole à 800 km/h. Un délai suffisant, mais tout juste, pour que le pilote ait le temps d'ordonner aux passagers d'attacher leur ceinture. La NASA étudie donc un lidar d'une puissance supérieure pour augmenter la distance de détection.

SOUFFLERIE

Peintures sensibles à la pression

Des chercheurs français de l'Office national d'études et de recherches aérospatiales (ONERA) ont mis au point des peintures luminescentes qui peuvent remplacer les capteurs de pression utilisés, par exemple pour des essais en soufflerie sur des maquettes de fusée, d'avion, etc. La répartition des pressions dans une tuyère ou autour d'une aile soumises à un écoulement d'air à grande vitesse fournit en effet des indications précises sur leur rendement. La maquette est enduite d'une peinture luminescente, illuminée par une source ultraviolette. Les variations de l'intensité de la luminescence fournissent la représentation exacte de la répartition des pressions. Ce procédé réduit le coût et les délais des essais.

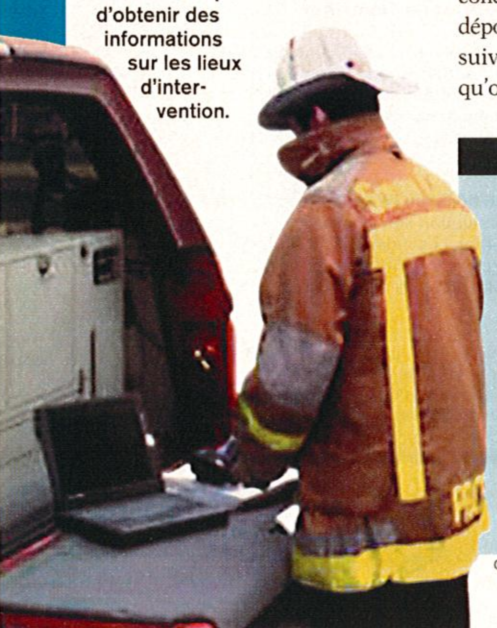
ONERA

Dans une maquette de tuyère d'avion, la peinture luminescente permet de visualiser les différences de pression.

PROTECTION

Les pompiers savent tout

Quand les pompiers de la région de San Carlos (Californie) arrivent sur le lieu d'un incendie, ils peuvent avoir accès à tous les renseignements concernant l'immeuble en feu. Grâce à un ordinateur portable, ils interrogent la base de données de leur centre, qui leur fournit les informations nécessaires, constamment tenues à jour : plan du bâtiment et des étages, emplacements des extincteurs, des locaux où sont stockés des produits dangereux, des cages d'ascenseur, des panneaux électriques, etc. Leur intervention en est facilitée et accélérée.



L'ordinateur permet d'obtenir des informations sur les lieux d'intervention.



Si les mains s'approchent trop de la machine-outil, les gants commandent l'arrêt de la machine.

LÉAS

ÉLECTRONIQUE

Le tissu a bonne mémoire

En collaboration avec la société Léas, des chercheurs du centre d'études sur les matériaux du Commissariat à l'énergie atomique (CEA) ont mis au point des circuits électroniques imprimés sur du tissu. On enrobe les fibres du tissu d'un polymère conducteur, le polypyrrole. Puis on dépose du cuivre par électrolyse en suivant les contours du circuit qu'on souhaite obtenir. Enfin, on retire le polymère de la partie du tissu non recouverte de cuivre.
Léas a déjà confectionné avec ce genre de tissu des gants de sécurité : si les mains approchent d'une zone dangereuse, près d'une machine-outil, les gants commandent l'arrêt de la machine. Inversement, celle-ci ne se met en route que si l'opérateur a revêtu ses gants.
Le procédé intéresse l'industrie agroalimentaire.

VIE PRATIQUE

CHAUSSURE À SON PIED

■ On estime que le volume du pied peut varier de 8 % au cours de la journée. La société new-yorkaise BCAM International a donc fabriqué le prototype de chaussures qui s'ajustent à toute heure à la forme et aux dimensions du pieds. Elles devraient être bientôt commercialisées, notamment dans le secteur des équipements sportifs. Des senseurs mesurent l'espace libre entre le pied et la paroi de la chaussure. Si le volume du pied a augmenté, cette paroi se distend légèrement sous l'effet d'un système pneumatique.

CERULEAN

Louis Vuitton. L'écriture



A.P.P.M.

La campagne pour les stylos Louis Vuitton conçue par l'agence Euro Rscg Gbhr a reçu le Grand Prix 1997 de l'Association pour la Promotion de la Presse Magazine qui regroupe 123 magazines grand public.

LOUIS VUITTON

Les bagages et accessoires Louis Vuitton ne sont en vente que dans les magasins exclusifs Louis Vuitton 01 45 62 47 00.



La montre de plongée Spyder ACW permet d'obtenir le profil de ses plongées sur un PC.

DR

PLONGÉE

Ordinateur sous-marin

A l'intention des travailleurs sous-marins, des plongeurs de combat, ou des aventuriers des profondeurs, la société finlandaise Suunto propose une montre, la Spyder ACW, dotée d'un micro-ordinateur intégré. Elle possède un chronomètre, et fournit aussi des indications telles que la profondeur atteinte ou les paliers de décompression à respecter lors de la remontée, jusqu'à 99 m.
Tout est enregistré, sur une durée maximale de trente-six heures. Grâce à un PC, le plongeur peut ensuite reconstituer le profil de toute son expédition.

VIE PRATIQUE

RELAXATION SUR ÉCRAN

■ Mis au point par la société britannique Hollanden Publishing, le Vitalizer est destiné à combattre le stress par le contrôle de la respiration. Cet appareil de poche calcule le rythme respiratoire de l'utilisateur au repos, l'enregistre et se programme en conséquence. Quand son propriétaire se sent stressé, il le consulte : sur un petit écran s'affichent des barres qui montent (aspiration) et descendent (expiration) au rythme habituel du repos. Il dispose ainsi de repères pour adopter une respiration plus détendue. Selon Hollanden Publishing, le Vitalizer peut également favoriser le sommeil et augmenter la capacité de concentration.

SÉCURITÉ ROUTIÈRE

Leçon de ceinture

Pour prouver la validité du slogan «Un petit clic vaut mieux qu'un grand choc», l'association de prévention MACIF (la mutuelle d'assurances) de la région Centre a mis au point un simulateur de choc frontal. Le Ceinturitest est destiné à des séances de



MACIF

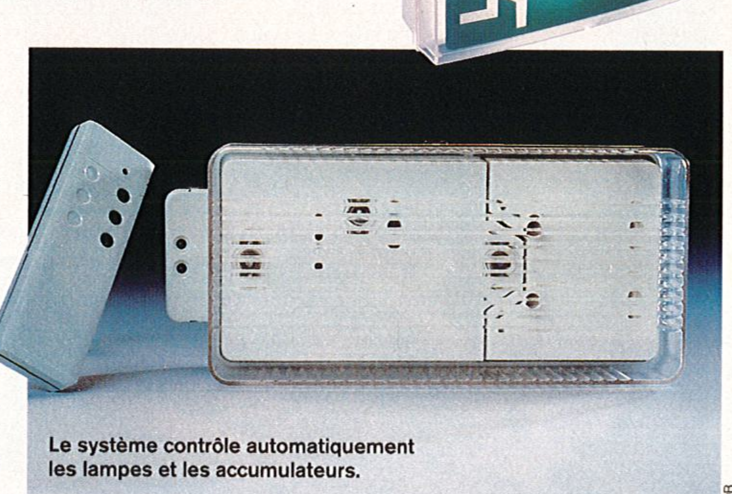
démonstration devant des élèves pour les éduquer au port de la ceinture de sécurité. Deux passagers s'installent dans une Twingo montée sur une remorque. La voiture est propulsée à 8 km/h par un moteur électrique. Dès que cette vitesse est atteinte, des feux rouges de stop s'allument devant le conducteur, comme ceux d'un véhicule qui précéderait la Twingo. Le pilote freine (on mesure son temps de réaction), la voiture s'arrête. Une caméra filme les mouvements brusques de la tête des occupants, qui peuvent ainsi juger des effets de la décélération, tout comme de la protection apportée par la ceinture.

ECLAIRAGE

Le panneau s'autocontrôle

Les blocs autonomes d'éclairage de sécurité, ces panneaux lumineux alimentés par des batteries qui indiquent par exemple les voies d'évacuation en cas d'incendie, doivent toujours être en parfait état de fonctionnement. Legrand a conçu des panneaux qui s'autocontrôlent, grâce à un système de test automatique.

Un microprocesseur commande la vérification des lampes tous les sept jours, et celle des accumulateurs tous les soixante-dix jours. Un ensemble de diodes indique l'état global du système.

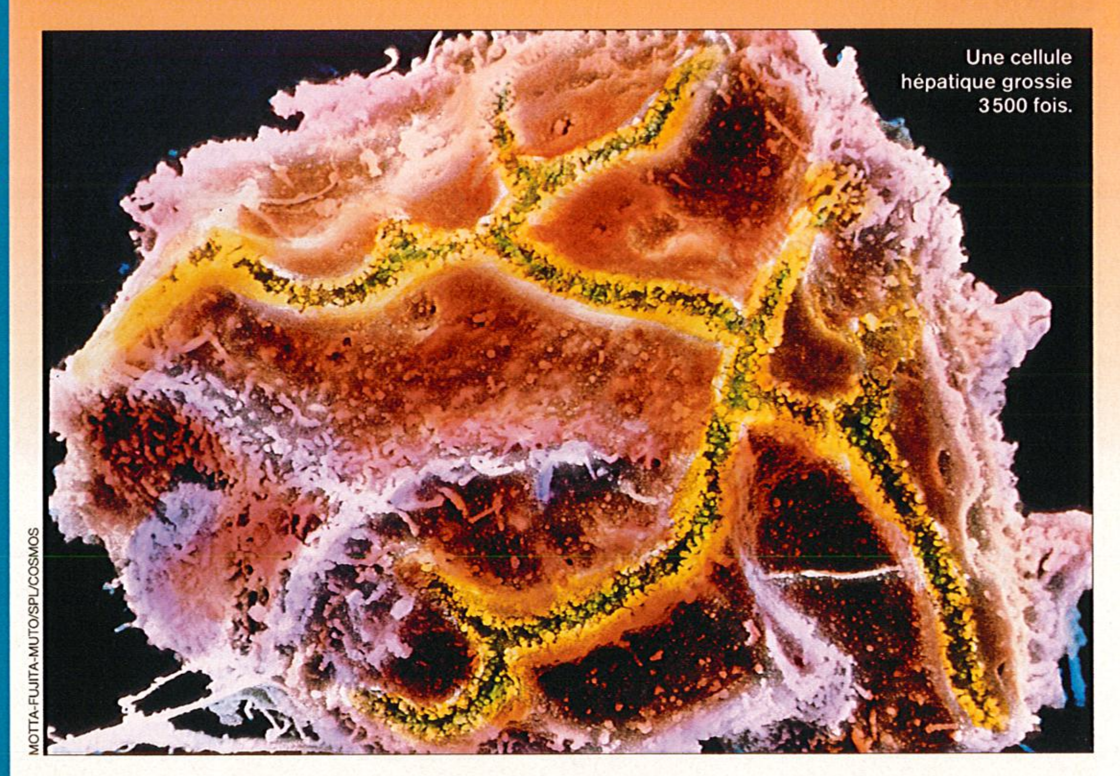


Le système contrôle automatiquement les lampes et les accumulateurs.

DR

MÉDECINE

PAR PHILIPPE CHAMBON


Une cellule hépatique grossie 3500 fois.

MOTTA-FUJITA-MUTO/SPL/COSMOS

Greffe d'organes : la piste des cellules

Pour pallier le manque d'organes, une nouvelle solution : la greffe de cellules. Les premières tentatives sur le foie sont prometteuses.

Il est difficile de trouver un foie compatible à greffer. Des foies artificiels ont été mis au point, mais ils sont encore à l'état de prototype, et ils ne constituent qu'une solution d'attente. Des médecins ont donc imaginé de greffer des cellules hépatiques plutôt que des organes entiers. C'est ce qu'a fait l'équipe d'Ira Fox au centre médical de l'université du Nebraska, à Omaha (Etats-Unis), sur une fillette de 10 ans. Elle était atteinte d'une déficience génétique rare, la maladie de Crigler-Najar de type 1, insuffisance hépatique conduisant à l'accumulation dans l'organisme d'une substance toxique.

Les médecins ont injecté dans le foie, par la veine porte, plus de 7 milliards de cellules hépatiques (environ 5 % du volume du foie). Onze mois après l'intervention, la greffe tenait toujours, et le traitement de la petite fille par photothérapie a pu être ramené de quinze à six heures par jour.

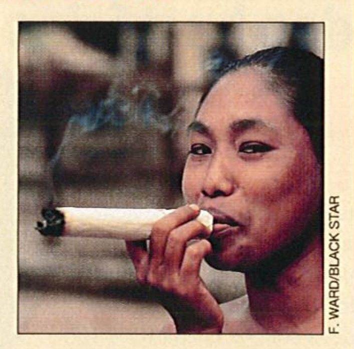
D'autres essais avaient eu lieu l'an dernier aux Etats-Unis sur cinq patients souffrant d'hépatite fulminante. Cette fois, les cellules hépatiques étaient implantées dans la rate. Ces interventions ont permis d'attendre la greffe d'un organe complet.

Plus simple qu'une greffe d'organe, la greffe de cellules permet en outre de soigner plusieurs malades à partir d'un seul foie. Cependant, la longévité des cellules transplantées est encore inconnue, ainsi que la quantité de cellules nécessaires au rétablissement de la fonction hépatique. **Ph. C.**

EPIDÉMIOLOGIE

FUMER REND SOURD

A la longue liste des maux causés par le tabac, il faut ajouter la surdité. C'est ce que viennent de montrer des chercheurs de l'université du Wisconsin, à Madison (Etats-Unis). Ils ont étudié près de 3800 personnes âgées de 48 à 92 ans et constaté que le risque de baisse auditive des fumeurs est supérieur de 70 % à celui des non-fumeurs. Les "accros" du tabac risquent deux fois plus de perdre l'ouïe que les non-fumeurs qui ne sont pas exposés au tabagisme passif.


F. WARD/BLACK STAR

Les chercheurs supposent que la fumée de cigarette affecte l'ouïe par ses effets sur le système vasculaire qui irrigue l'appareil auditif. **K. M.**

La peste à Florence en 1348.

EXPLORER ARCHIVES

GÉNÉTIQUE

La peste ennemie du sida

Les survivants de la peste bubonique qui a ravagé l'Europe au XIVe siècle auraient transmis à leurs descendants la faculté de résister au virus du sida. Telle est la conclusion d'une équipe de l'institut national du cancer des Etats-Unis, dirigée par Stephen O'Brien. Les chercheurs ont découvert chez des Européens une mutation génétique rare qui les protège du sida. C'est cette mutation, apparue voilà sept cents ans, qui aurait permis à ceux qui en étaient porteurs de survivre à la peste bubonique. P. R.

CARDIOLOGIE

Mangez des tomates

Une étude de Lenore Kohlmeir (université de Caroline du Nord, Etats-Unis) conclut que la consommation régulière de tomates diviserait par deux le risque d'infarctus. La scientifique a comparé 1300 Américains et Européens victimes d'infarctus à autant de sujets n'en n'ayant pas souffert.


STUDIO X

Le lycopène qu'elles renferment est bon pour le cœur.

L'agent protecteur contenu dans la tomate serait le lycopène, qu'on trouve également dans les pastèques, les abricots et les pamplemousses roses. **P. R.**

MÉDECINE

VACCINOLOGIE

Le mauvais gène des bactéries


L. STANNARD/ SPL/COSMOS

La bactérie *Escherichia coli.*

Normalement inoffensive, *Escherichia coli*, une bactérie présente dans le tube digestif, peut devenir un redoutable ennemi pour l'homme et le bétail lorsqu'elle mute. C'est le cas de la souche *E. coli* 0157:H7, apparue accidentellement en Amérique centrale dans les années 70. Cette bactérie, qui sévit maintenant un peu partout dans le monde, est à l'origine, chez l'homme et chez l'animal, de colites et d'hémorragies intestinales, qui, en cas de complications rénales, peuvent devenir mortelles.

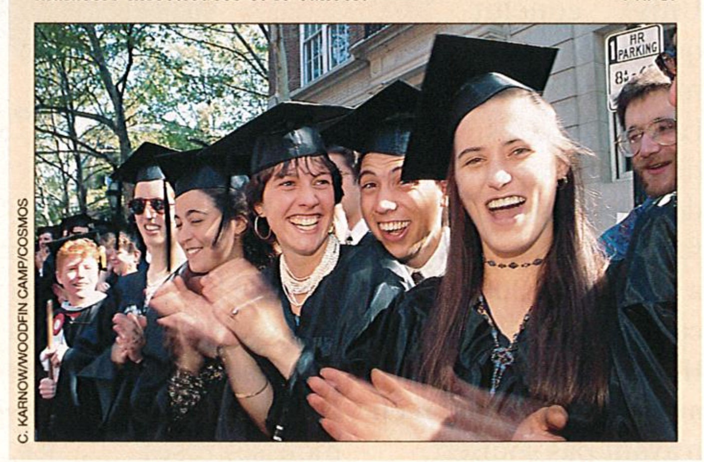
Sa mutation serait due à un virus, qui aurait transmis à *E. coli* le gène d'une toxine prélevé sur une shigella (bactérie responsable de diarrhées).

Robert Zsigray et William Chesbro, de l'université du New Hampshire (Etats-Unis), sont parvenus à isoler le gène de la toxine dans la souche mutante. Ils l'ont ensuite neutralisé. Les deux chercheurs envisagent d'utiliser cette souche, désormais inoffensive, pour mettre au point un vaccin. **P. R.**

IMMUNOLOGIE

LES OPTIMISTES ONT DE LA DÉFENSE

■ Les étudiants américains en droit qui envisagent l'année scolaire avec optimisme ont de meilleures défenses immunitaires que les étudiants pessimistes. Leur taux de lymphocytes T est plus élevé. Ils devraient donc être mieux armés pour lutter contre les maladies infectieuses et le cancer. **Ph. C.**



C. KARNOW/WOODFIN CAMP/COSMOS

CARDIOLOGIE

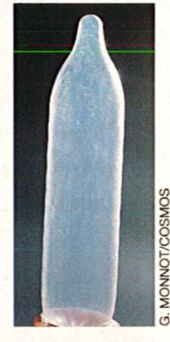
Le portable du cœur

Survcard calcule et enregistre à domicile le rythme cardiaque, qu'on peut transmettre par téléphone au médecin traitant ou au centre de veille de l'électrocardiogramme (SAMU). Il se place directement sur le thorax, sans gel ni électrode. Ph. C.

DR

SEXOLOGIE

La capote s'allonge


G. MONNOT/COSMOS

Les préservatifs européens devront mesurer 1 cm de plus, soit 17 cm au lieu de 16. Leur largeur est portée à 5,6 cm, contre 5,4 précédemment. Non pas que les pénis aient grandi, mais, après plusieurs années de débats, le Comité européen de normalisation vient d'établir un compromis entre les standards en vigueur dans divers pays de l'Union. Ph. C.

Ont collaboré à cette rubrique : Kelly Martial, Pierre Rossion.

La super-aspirine

RÉVÉLATIONS SUR LE MÉDICAMENT DU SIÈCLE PROCHAIN

Alors que l'aspirine fête ses 100 ans, les chercheurs songent à lui faire un lifting, qui accroîtrait son efficacité tout en lui ôtant ses effets secondaires. Des vertus que revendiquent déjà deux molécules prêtes à révolutionner le marché des anti-inflammatoires dès l'an prochain.

PAR MARIE-LAURE MOINET

Rares sont les personnes qui, un jour ou l'autre, n'ont pas eu recours à l'aspirine. Pour la société allemande Bayer, qui a déposé la marque Aspirin le 1er février 1899 (voir "Le siècle de l'aspirine", *Science & Vie* n° 945, p. 120), la synthèse industrielle de cette poudre amère et peu soluble dans l'eau a été une manne, qui ne cesse de croître, dépassant le milliard de marks en 1998 (3,4 milliards de francs). Bayer n'avait fait que découvrir les vertus thérapeutiques d'une molécule déjà inventée par les chimistes, l'acide acétylsalicylique. Elle différait par un groupement chimique (acétyl) de l'acide salicylique, synthétisé industriellement depuis 1874, qui copiait la substance active de plantes médicinales réputées depuis l'Antiquité, telles que le saule (*Salix*) et la reine-des-prés (*Spiræa ulmaria*).

Célèbre pour ses propriétés antiseptiques et antalgiques, l'acide salicylique l'était aussi pour sa saveur désagréable et pour les terribles brûlures d'estomac qu'il infligeait. L'aspirine restreignit cette agressivité, mais ne la supprima pas : elle irrite la muqueuse gastrique. C'est d'ailleurs pour éviter tout contact prolongé entre l'acide acétylsalicylique

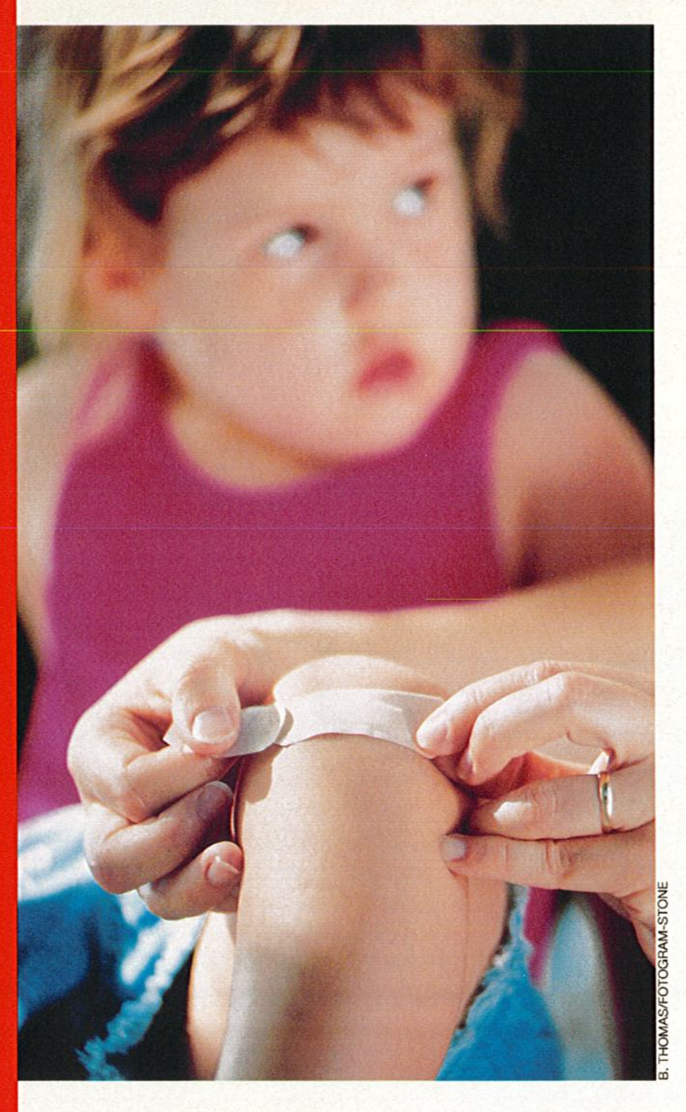
BSIP

et la muqueuse que les laboratoires ont travaillé à diverses présentations de l'aspirine.

Sont ainsi apparus des comprimés tamponnés de faible acidité (leur pH, élevé, atteint 8), des comprimés enrobés résistant aux sucs gastriques, absorbés après leur passage dans l'estomac, des poudres solubles et des comprimés effervescents à action très rapide, des cristaux "micro-encapsulés" dans des gélules pour une libération prolongée, etc. Aujourd'hui, l'aspirine et ses sels entrent dans une quarantaine de préparations pharmaceutiques.

Ses indications sont très larges. Elle est efficace contre la douleur, contre la fièvre et contre une réaction locale, l'inflammation, caractérisée par quatre symptômes : rougeur, chaleur, œdème et douleur. On a confirmé ses vertus après un infarctus ou un accident cérébro-vasculaire. On lui prête aujourd'hui un effet préventif contre le cancer du côlon et la maladie d'Alzheimer.

Médicament "miracle", donc, mais pas anodin. Une consommation prolongée ou surdosée entraîne des maux de ventre, des nausées, des vomissements, des hémorragies plus ou moins occultes du tube digestif et, plus généralement, un allongement du temps de saignement (indésirable lors des règles féminines ou d'une opération) et une altération de la fonction rénale. L'aspirine est déconseillée à la fin de la grossesse, qu'elle peut prolonger, avec des effets sur le fœtus. Certaines personnes sensibles peuvent ressentir des bourdonnements d'oreille, avoir des œdèmes, des bronchospasmes. Enfin, des cas rarissimes mais parfois mortels d'une encéphalopathie progressive accompagnée de troubles hépatiques et nerveux (syndrome de Reye) ont été reliés à la prise d'aspirine après une grippe chez les enfants.



Pas anodine

L'aspirine soulage la douleur, mais elle allonge le temps de saignement.

B. THOMAS/FOTOGRAM-STONE



LES INCONVÉNIENTS DE LA FAMILLE

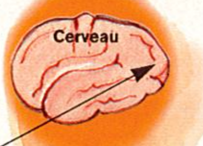
La plupart de ces inconvénients, l'aspirine les partage avec une famille d'anti-inflammatoires non dérivés de la cortisone, les anti-inflammatoires non stéroïdiens (AINS). Tous s'attaquent à une seule et même cible, une enzyme à moitié insérée dans les membranes cellulaires, la cyclo-oxygénase (COX) : ils l'empêchent d'entamer la synthèse de messagers cellulaires très importants, à l'action puissante et rapide, les prostanoïdes (prostaglandines, prostacycline et thromboxanes).

Les prostanoïdes sont des molécules lipidiques dont la nature dépend de la cellule où s'effectue la cascade de réactions qui les engendre. Par exemple, dans les plaquettes, qui sont les plus petites cellules du sang, c'est le thromboxane A2 qui est produit. Il resserre les vaisseaux et y stimule l'agrégation des plaquettes, préalable à toute coagulation du sang. Dans les reins, l'estomac et les vaisseaux sanguins, naît plutôt la prostacycline (PGI2). Elle protège l'intégrité de la muqueuse

L'ASPIRINE COMBAT SUR TOUS LES FRONTS

■ L'aspirine bloque la synthèse d'une famille de messagers cellulaires : prostaglandines, thromboxanes et prostacycline. Elle lutte ainsi contre leurs effets négatifs et combat plusieurs types de symptômes :

Symptôme atténué
Effet indésirable



Fièvre

En cas d'infection bactérienne, les globules blancs (macrophages) libèrent de l'interleukine 1. Ce messager sollicite le cerveau, qui déclenche la synthèse de prostaglandines. Elles agissent sur le "thermostat" du cerveau, ce qui entraîne l'élévation de la température du corps. L'aspirine lutte contre la fièvre.

Caillot

Le thromboxane A2 provoque l'accolement des plaquettes sanguines en cas de blessure : le sang coagule. Mais, dans des vaisseaux sanguins altérés, le thromboxane risque d'entraîner la formation de caillots obstruant la circulation (thrombose). L'aspirine empêche la synthèse du thromboxane.

Irritation de l'estomac

En empêchant la synthèse de la prostacycline dans les cellules qui tapissent l'estomac, l'aspirine entraîne une baisse de production de mucus, une augmentation des sécrétions acides et une altération de la muqueuse. Un effet secondaire évité avec la super-aspirine.



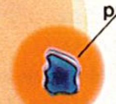


Inflammation

Un traumatisme déclenche la dilatation des vaisseaux (rougeur, chaleur) et l'accumulation de sérum dans les tissus lésés (œdème). L'enzyme COX2 est alors synthétisée abondamment, engendrant un déferlement de prostaglandines qui amplifient l'inflammation. L'aspirine empêche cette activation.

Douleur

Lorsque les terminaisons nerveuses sont stimulées par un traumatisme, elles envoient les signaux électrochimiques de la douleur. Les prostaglandines, en facilitant cette activité électrique, rendent les récepteurs plus sensibles à ces signaux. L'aspirine atténue cet effet.



DESSINS : C. FUMAT. SOURCE : *ASPIRINE, UN COMPRIMÉ DE CHIMIE*, UN CD-ROM RÉALISÉ À PARTIR D'UNE EXPOSITION AU PALAIS DE LA DÉCOUVERTE.



(estomac), préserve la fonction rénale, est vasodilatatrice et s'oppose à l'agrégation des plaquettes sanguines. Dans le follicule pileux, c'est la PGE2, qui contribue à la bonne pousse du poil ou du cheveu, etc. « Véritables hormones locales, les prostanoïdes sont comme de fins boutons de réglage », dit Daniel Picot, de l'Institut de biologie physico-chimique (CNRS, Paris).

Il y a huit ans, on découvrit que la cible de l'aspirine, la cyclo-oxygénase, existait sous deux formes. Et, en 1993, Daniel Picot trouva la structure tridimensionnelle de la forme courante, nommée COX1. Cette forme permanente, dite "constitutionnelle", maintient l'intégrité de la cellule. Quant à la seconde, COX2, on ne la trouve quasiment jamais dans les cellules saines, mais elle apparaît massivement en cas de choc, d'usure articulaire, d'infection; elle abonde subitement dans les tissus agressés, voire les tumeurs cancéreuses. Sous sa férule, les "boutons de réglage" se multiplient et augmentent le volume de la douleur et d'autres caractéristiques de l'inflammation.

Membrane cellulaire
Acide arachidonique
COX1
COX2
Synthèse de prostanoïdes
Prostaglandines
Thromboxanes
Prostacycline
1

COX1, la "bonne", et COX2, la "mauvaise", sont presque identiques – on les appelle des isoenzymes. Cependant, quelques petites différences entre les deux molécules – la présence d'une cavité plus ouverte, une flexibilité plus grande, etc. – ont fait naître l'espoir que les AINS du futur pourraient choisir leur cible et s'attaquer à COX2, la méchante fée des foyers inflammatoires, sans toucher à COX1, la bonne fée du logis...

Searle (Monsanto), Merck, Ciba (Novartis Pharma), Upsa (Bristol-Myers-Squibb), Syntex (Roche) et d'autres laboratoires se sont lancés dans une course effrénée pour trouver ces molécules sélectives. Deux laboratoires américains, Searle et Merck, pourraient chacun commercialiser un tel AINS de seconde génération avant la fin de l'année. Et, dans les limbes de la recherche, se profile déjà un AINS de troisième génération, une véritable super-aspirine, capable de désarmer sélectivement et définitivement toute COX2.

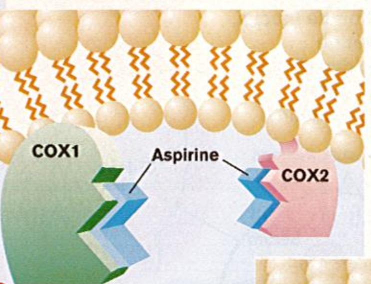
D. PICOT/CNRS

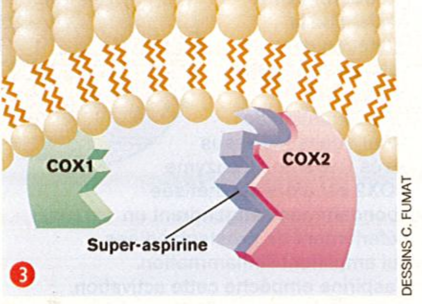
DOSES NÉCESSAIREMENT ÉLEVÉES

Mais ne brûlons pas les étapes. Jusqu'à présent, tous les AINS commercialisés appartiennent à la première génération : ils inhibent COX2, donc la synthèse des prostaglandines dans les foyers inflammatoires, mais ils inhibent aussi COX1, donc la production de la prostacycline protectrice et celle du thromboxane A2 coagulant. L'aspirine est même un mauvais AINS, car elle file dans COX1 de dix à cent fois plus vite que dans COX2. D'où les doses élevées (jusqu'à 3 g par jour) nécessaires à l'obtention d'un effet anti-inflammatoire (impliquant la COX2),

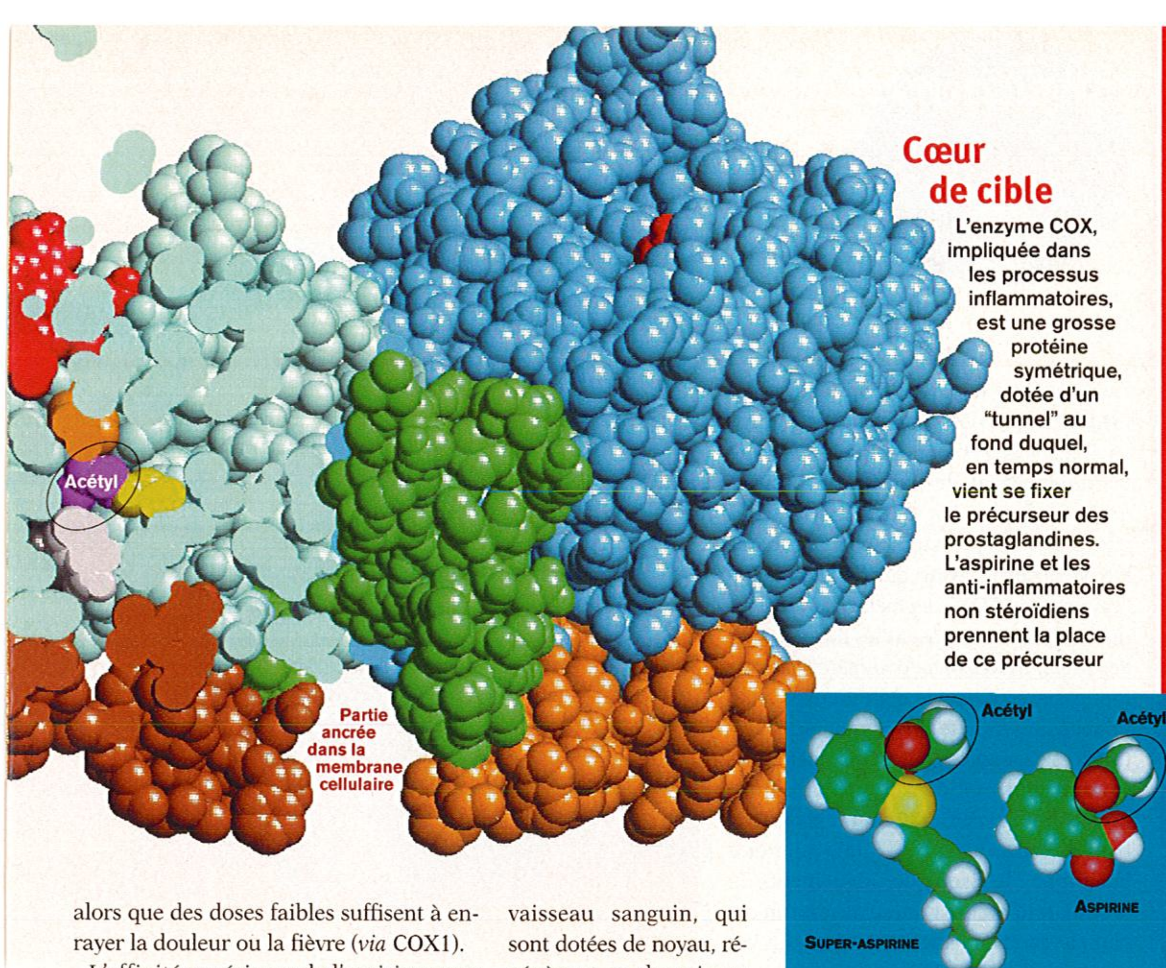
Terrain d'action

On connaît depuis 1971 le processus sur lequel agit l'aspirine. Il commence par la libération d'acide arachidonique, constituant de la membrane cellulaire 1. Ce lipide est utilisé par l'enzyme COX pour amorcer la synthèse des prostanoïdes – hormones locales dont l'aspirine combat la surproduction. COX existe sous deux formes : COX1, la forme "normale", et COX2, qui apparaît dans les tissus agressés. L'aspirine bloque la synthèse des prostanoïdes 2 en prenant la place de l'acide arachidonique. La super-aspirine 3 sera plus efficace contre l'inflammation, car elle aura davantage d'affinités avec COX2, la "mauvaise" enzyme.





DESSINS C. FUMAT



ROWLINSON-KALGUTKAR, VANDERBILT UNIV.

Cœur de cible

L'enzyme COX, impliquée dans les processus inflammatoires, est une grosse protéine symétrique, dotée d'un "tunnel" au fond duquel, en temps normal, vient se fixer le précurseur des prostaglandines. L'aspirine et les anti-inflammatoires non stéroïdiens prennent la place de ce précurseur dans le tunnel (en gris). L'aspirine (ci-dessus) laisse même son groupement acétyl en un point précis de la voûte du tunnel (en jaune). Cette "greffe" crée un obstacle qui bloque le précurseur. La super-aspirine (ci-dessus) possède un "bras" allongé qui lui permet de s'introduire plus facilement dans le tunnel de la COX2, l'enzyme à abattre…

alors que des doses faibles suffisent à enrayer la douleur ou la fièvre (*via* COX1).

L'affinité supérieure de l'aspirine pour COX1 explique en revanche son efficacité dans le traitement des maladies cardio-vasculaires; une absorption quotidienne d'aspirine à faible dose diminuerait de 25 % le risque de récidives d'infarctus. Dans les plaquettes sanguines, il n'y a que des COX1. Du coup, « une faible dose, de l'ordre de 40 mg d'aspirine, suffit à réduire de 95 % la formation par les plaquettes de thromboxane générateur de caillots », souligne le Pr Bernard Bannwarth, professeur de thérapeutique au centre hospitalier universitaire de Bordeaux. D'où l'effet hémorragique de l'aspirine.

Cet effet dure longtemps, car l'aspirine (et c'est la seule parmi les AINS) bloque définitivement la cyclo-oxygénase en lui greffant son groupement acétylé. Or, comme les plaquettes n'ont pas de noyau, elles ne peuvent pas reconstruire de nouvelles COX. Il faut que de nouvelles plaquettes se forment pour que du thromboxane, et son cortège de caillots, réapparaissent. De plus, l'effet fluidifiant de l'aspirine est accru par le fait que les cellules de la paroi du vaisseau sanguin, qui sont dotées de noyau, régénèrent en deux jours suffisamment de COX1. S'ensuit un nouvel apport bénéfique de prostacyclines, qui dilatent les vaisseaux et s'opposent à l'agrégation des plaquettes.

Résultat : la première motivation d'achat de l'aspirine est aujourd'hui son effet cardio-vasculaire. A l'appui du slogan « une aspirine par jour éloigne le médecin » (inspiré de l'adage sur la pomme), certains chercheurs suggèrent même que de 25 à 50 % de la population courrait un moindre risque d'infarctus en prenant quotidiennement de l'aspirine. Prudence pourtant. L'effet préventif de l'aspirine n'est pas prouvé…

INFARCTUS OU ULCÈRE, AU CHOIX

De plus, si l'on suppute que l'aspirine à faible dose chez les patients qui ont eu une alerte cardio-vasculaire pourrait épargner de 5000 à 10000 vies par an aux Etats-Unis, son absorption et celle des AINS, dont beaucoup sont délivrés sans ordonnance, pourraient causer autant de morts par ulcères gastro-intestinaux et en



envoyer dix fois plus à l'hôpital. Car ces médicaments, consommés chaque jour par 30 millions de personnes à travers le monde, augmentent de trois à cinq fois le risque d'ulcères. Logique : les molécules qui en sont les principes actifs ont toutes été découvertes avant que l'on connaisse l'existence de COX2. Le meloxicam et le nimesulide qui composent les derniers-nés des AINS, fraîchement commercialisés, ne font pas exception à la règle. Ceux-là aussi inhibent la synthèse des prostanoïdes protectrices engendrées par COX1, même s'ils se targuent d'avoir deux fois plus d'affinité moléculaire avec COX2. Cette propriété, fruit du hasard, est trop faible pour être bénéfique : le risque de saignements du tube digestif avec le nimesulide est l'un des plus élevés, et en moyenne 4,4 fois plus important que si l'on ne prend pas de médicaments du tout (1).

SUR LE MARCHÉ À LA FIN DE L'ANNÉE

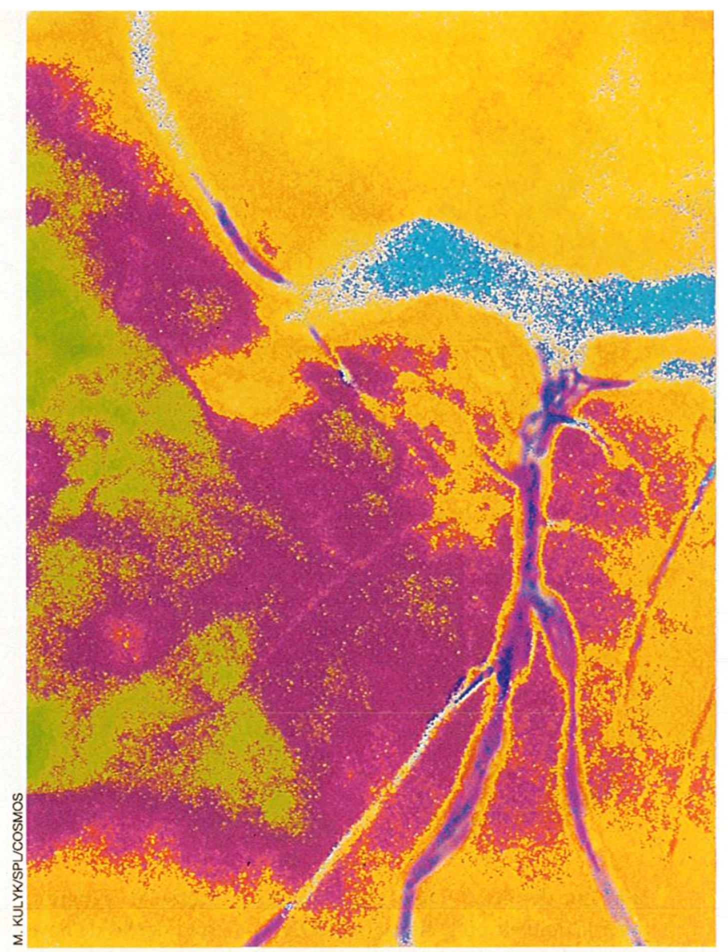
Les molécules actives des anti-inflammatoires non stéroïdiens de seconde génération auront, elles, une affinité avec COX2 deux cents fois supérieure à l'affinité avec COX1. Les premiers prototypes – celui de Searle-Monsanto (celecoxib) et celui de Merck (vioxx) – sont déjà en phase clinique III. Ils pourraient briguer l'autorisation de mise sur le marché avant la fin de l'année. Bloquant COX2 mais épargnant COX1, ils seront, dans l'idéal, prescrits sans risque d'ulcère à des patients souffrant d'inflammations chroniques telles que la polyarthrite rhumatoïde, ou lors des poussées d'inflammation dues à l'arthrose, une usure des cartilages articulaires.

Ces futurs AINS vont d'autant mieux stimuler le marché pharmaceutique (2) que deux nouvelles indications se profilent à l'horizon : la prévention du cancer du côlon et celle de la maladie d'Alzheimer. Des études épidémiologiques ont d'ores et déjà établi que la prise régulière d'aspirine – de l'ordre de 300 mg par jour – faisait baisser le risque de mortalité par cancer du côlon de l'ordre de 45 % (mais de 15 à 20 % de ces personnes ont des ulcères gastro-duodénaux). Expérimentalement, on a montré chez la souris que plus il y a de COX2, plus il y a de tumeurs bénignes (polypes), préludes possibles à une cancérisation.

En inhibant les COX2, les AINS supprimeraient la genèse de prostaglandines qui favorisent la croissance et la multiplication des cellules cancéreuses. Ils rétabliraient en quelque sorte la mort programmée (apoptose) que ces immortelles ont perdue. Ils diminueraient aussi la vascularisation propice aux tumeurs.

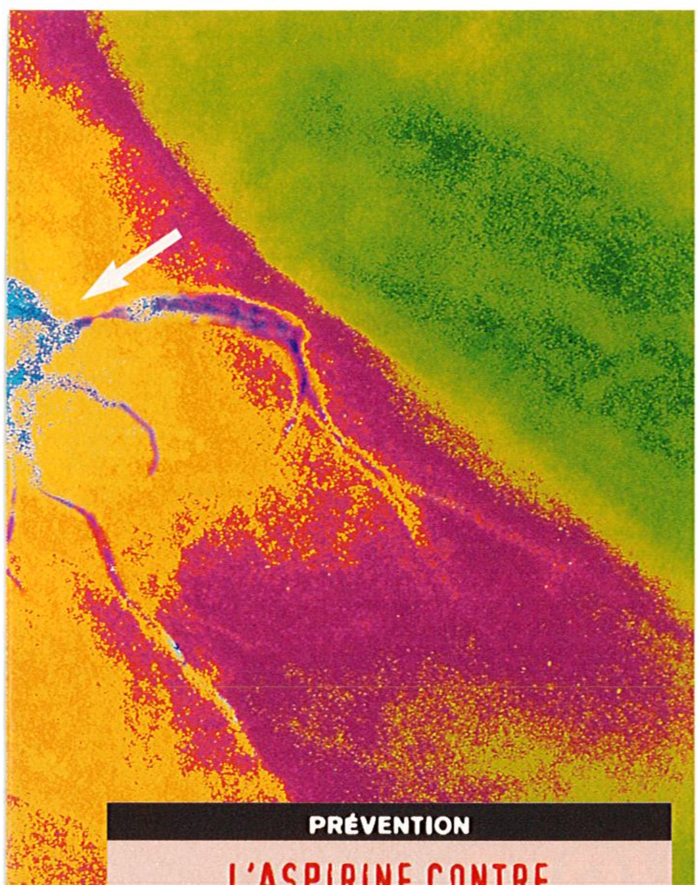
Pour la maladie d'Alzheimer, les arguments sont moins étayés, mais, en diminuant l'activité des COX2 dans les cellules nerveuses, les AINS lutteraient

(1) *Archives of Internal Medicine*, 12 janvier 1998.
(2) En France, le marché des AINS représente 2,1 milliards de francs.


M. KULYK/SPL/COSMOS

L'amie des coronaires

L'aspirine à faible dose est indiquée pour lutter contre le rétrécissement (flèche) – provoqué par des dépôts graisseux – des artères coronaires (en bleu) qui alimentent le cœur en sang oxygéné.



PRÉVENTION

L'ASPIRINE CONTRE L'INFARCTUS

■ Peut-on éviter la crise cardiaque en prenant régulièrement de l'aspirine ? Plusieurs chercheurs l'affirment, mais aucune étude n'a encore réellement prouvé l'effet préventif de ce médicament contre l'infarctus. D'ailleurs, toute la population n'en bénéficierait pas nécessairement. Des chercheurs de l'université de Columbus (Ohio, Etats-Unis) viennent en effet d'émettre l'hypothèse que cette prévention est liée à la présence d'une glycoprotéine particulière à la surface des plaquettes sanguines. Les personnes qui possèdent cette glycoprotéine seraient protégées par la prise régulière d'aspirine, mais pas les autres. A suivre...

contre la formation dans le cerveau d'amas protéiques (plaques amyloïdes), contre la production de radicaux libres mutagènes et même, paradoxalement (par rapport à la cellule cancéreuse), contre l'apoptose des neurones.

Cependant, pour Lawrence Marnett, du laboratoire de recherche sur le cancer de l'université Vanderbilt, à Nashville (Tennessee), les prochains AINS ont encore un défaut : ils ne se lient à la COX2 que de façon transitoire. D'où les recherches sur une "super-aspirine" qui serait non seulement cent fois plus active sur la COX2 que sur la COX1 (contrairement à l'aspirine), mais, de plus, désarmerait à jamais l'enzyme (à l'instar de l'aspirine). Sur la centaine de variations moléculaires construites dans le laboratoire de Nashville, la molécule APHS (acétoxy-phényl-hept-2-ynil-sulfide) se montre prometteuse *in vitro* et *in vivo* chez le rat (3).

MAUVAISES SURPRISES POSSIBLES

Le Dr Francis Berenbaum, rhumatologue à l'hôpital Saint-Antoine (Paris), tempère les enthousiasmes trop fébriles. De la molécule au médicament, il y a un long parcours que ne réussit pas un candidat sur cent. En outre, le médicament, une fois lancé et diffusé à grande échelle, peut réserver de mauvaises surprises, comme cet AINS commercialisé à la fin des années 80 à grand renfort de publicité pour sa bonne tolérance digestive, le bénoxaprofène. Il fut rapidement retiré du marché, car, contre toute attente, il pouvait provoquer des hépatites mortelles.

« La plupart des articles des revues scientifiques sont signés par les laboratoires pharmaceutiques et non par des équipes indépendantes », déplore ce spécialiste, qui ajoute : « La puissance d'un AINS en pharmacologie – en l'occurrence, son affinité avec la COX2 –, variable d'un modèle de laboratoire à l'autre, ne reflète pas forcément son efficacité clinique. »

Quelle sera la tolérance aux nouveaux AINS ? L'inflammation et l'effet sur la digestion ne sont pas seulement liés à la voie des prostanoïdes. Dès lors, les schémas directeurs de ces futurs AINS ne sont-ils pas trop simplistes ? La COX2 s'exprime un peu dans le cerveau et dans les follicules ovariens. Son rôle n'y est pas encore bien défini, mais on ne peut écarter l'hypothèse qu'elle puisse avoir des effets physiologiques bénéfiques, tout au moins à ces endroits-là. Sera-t-il opportun de la réduire au silence ? Réponses dans un avenir très proche... ■

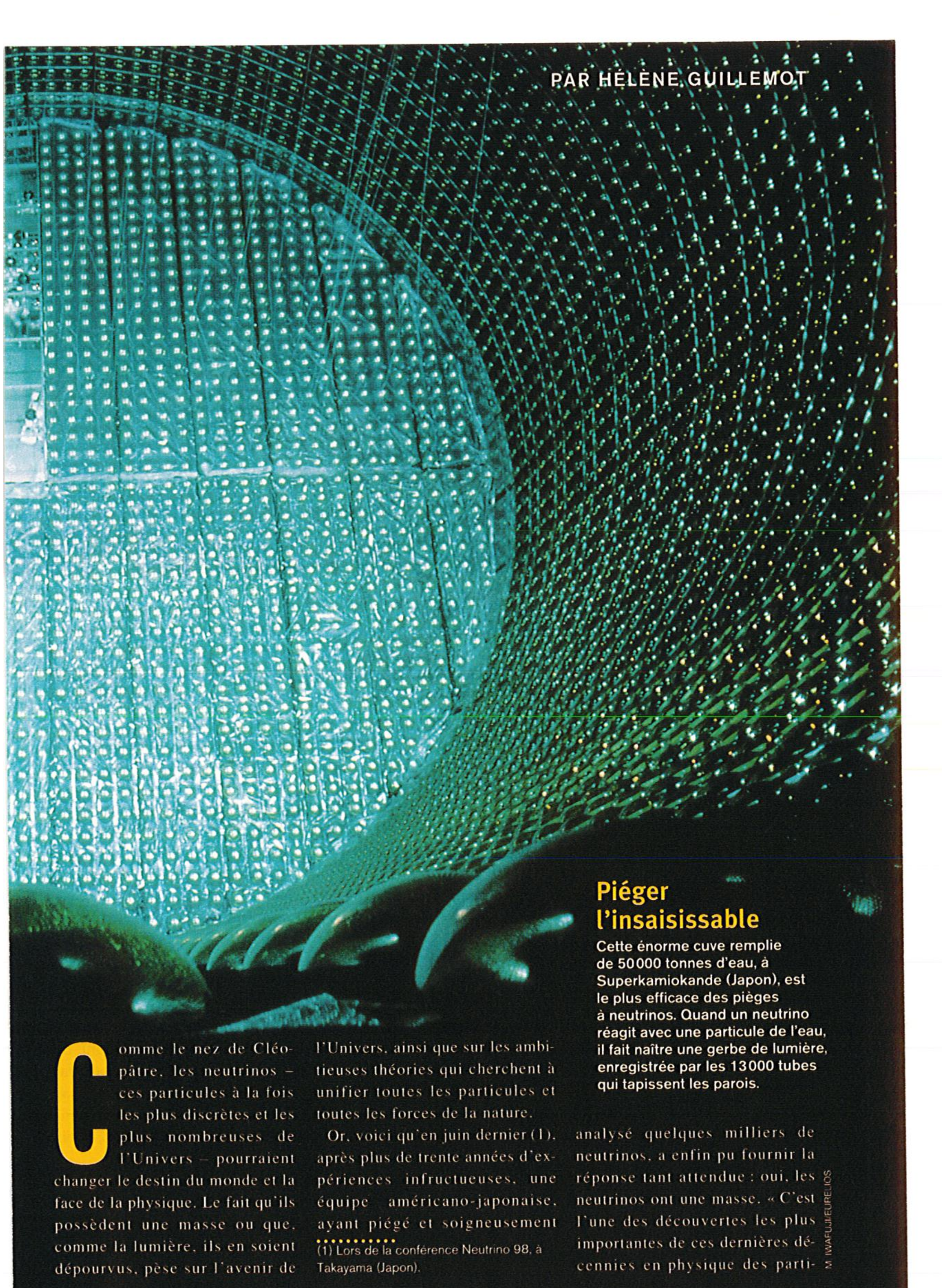
(3) *Science*, 22 mai 1998.

physique

Neutrino

La particule qui change le destin de l'Univers

Les neutrinos ont-ils une masse ? A cette énigme majeure de la physique – même si elle paraît ésotérique – une brillante expérience apporte enfin la réponse. Cette nouvelle pièce du puzzle pourrait redessiner l'avenir de la physique théorique et... de l'Univers.



PAR HÉLÈNE GUILLEMOT

Piéger l'insaisissable

Cette énorme cuve remplie de 50000 tonnes d'eau, à Superkamiokande (Japon), est le plus efficace des pièges à neutrinos. Quand un neutrino réagit avec une particule de l'eau, il fait naître une gerbe de lumière, enregistrée par les 13000 tubes qui tapissent les parois.

M. IWAFUJI/EURELIOS

Comme le nez de Cléopâtre, les neutrinos – ces particules à la fois les plus discrètes et les plus nombreuses de l'Univers – pourraient changer le destin du monde et la face de la physique. Le fait qu'ils possèdent une masse ou que, comme la lumière, ils en soient dépourvus, pèse sur l'avenir de l'Univers, ainsi que sur les ambitieuses théories qui cherchent à unifier toutes les particules et toutes les forces de la nature.

Or, voici qu'en juin dernier (1), après plus de trente années d'expériences infructueuses, une équipe américano-japonaise, ayant piégé et soigneusement analysé quelques milliers de neutrinos, a enfin pu fournir la réponse tant attendue : oui, les neutrinos ont une masse. « C'est l'une des découvertes les plus importantes de ces dernières décennies en physique des parti-

(1) Lors de la conférence Neutrino 98, à Takayama (Japon).

cules », s'est exclamé le prix Nobel de physique américain Sheldon Glashow.

Les neutrinos sont si insaisissables qu'ils sont restés vingt-six ans en l'état d'hypothèse théorique, avant que les physiciens parviennent à en piéger quelques-uns dans leurs détecteurs. Le neutrino surgit pour la première fois en 1930, dans le cerveau fertile du physicien autrichien Wolfgang Pauli, pour résoudre l'embarrassant problème posé par la désintégration du neutron. En effet, quand un neutron se désintégrait pour donner un proton et un électron, on s'attendait alors que l'électron fût toujours émis avec la même énergie – l'énergie libérée par cette désintégration. Or, ces réactions ne sont pas toutes semblables : les électrons sont éjectés avec toute une gamme d'énergies. Fallait-il abandonner la loi de conservation de l'énergie? Pauli préfère imaginer qu'une autre particule, inconnue, électriquement neutre et indécelable, est émise en même temps que l'électron, et emporte le complément d'énergie. De la sorte, l'énergie totale de la réaction est conservée.



Chasseurs de particules...
J. Learned, D. Takemori et S. Matsuno (université de Hawaii) présentent l'un des tubes photomultiplicateurs de l'expérience de Super-kamiokande.

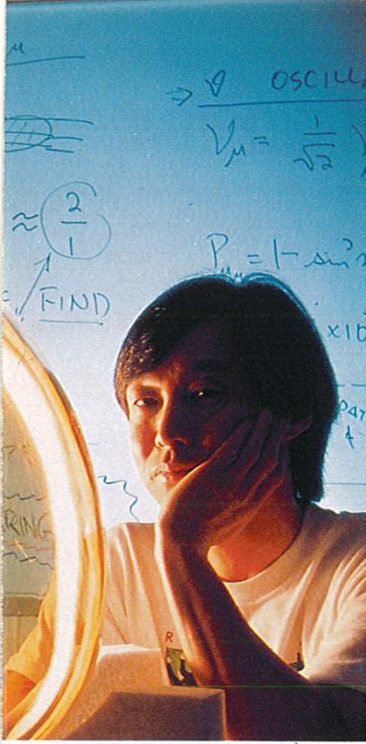
Inventée pour rétablir l'ordre dans les lois de la physique, la particule neutre de Pauli est bientôt adoptée par le physicien Enrico Fermi, qui la baptise neutrino ("petit neutre" en italien), et l'introduit dans sa théorie de l'interaction faible. Cette force, qui se manifeste dans certaines réactions nucléaires telles que la radioactivité bêta, est, comme son nom l'indique, la plus faible des interactions (gravitation exceptée). C'est justement parce que les neutrinos ne sont sensibles qu'à la force faible qu'ils interagissent si rarement avec la matière, et qu'ils sont si difficiles à détecter. Il faudra attendre 1956 pour que les physiciens américains Fred Reines et Clyde Cowan réussissent à capturer des neutrinos issus du réacteur nucléaire de Savannah River (Caroline du Sud).

Une particule inventée pour rétablir l'ordre dans les lois de la physique

Bien qu'ils passent inaperçus, les neutrinos sont omniprésents. L'Univers en contient un milliard de fois plus que de protons et de neutrons ! Ils proviennent des sources les plus diverses. Ainsi, les centrales nucléaires, les éléments radioactifs naturels et surtout les étoiles sont le siège d'innombrables réactions nucléaires, qui, pour la plupart, émettent des neutrinos. Le Soleil nous arrose de milliards de neutrinos par centimètre carré et par seconde, qui nous traversent sans nous faire le moindre mal... Enfin, nous baignons dans un océan de neutrinos fossiles, créés quelques fractions de seconde après le big bang. Ces neutrinos cosmologiques ont si peu d'énergie qu'ils n'interagissent pratiquement jamais avec la matière. D'après les calculs, chaque centimètre cube d'Univers contient plusieurs centaines de neutrinos fossiles – qu'on ne détectera peut-être jamais.

En 1962, apparaît une deuxième catégorie de neutrinos : les neutrinos-muons (ν_μ). Le muon (μ), découvert en 1949, est une particule en tout point semblable à l'électron (même charge électrique, mêmes propriétés...), mais plus massive. Plus tard, on trouvera un troisième "frère", encore plus massif, de l'électron et du muon, le tau (τ), escorté lui aussi de son neutrino (ν_τ). Les physiciens ont de bonnes raisons de penser que la famille s'arrête là, et qu'il n'existe pas d'autres sortes de neutrinos, ni d'autres "frères" de l'électron (voir *Science & Vie* n° 867, p. 48).

Tous ces neutrinos ont-ils une masse? Au début, il sembla plus simple de répondre par la négative, puisque les expériences ne permettaient pas de les mesurer. Par



UNIVERSITÉ DE HAWAII

commodité, l'édifice théorique décrivant l'ensemble des particules et des forces (appelé Modèle standard) attribua donc une masse nulle aux neutrinos. Mais, peu à peu, le doute s'insinua. Par quel étrange privilège les neutrinos seraient-ils les seules particules matérielles dépourvues de masse?

Cependant, si masse il y a, elle doit être infinitésimale. Les expériences de physique des particules, à défaut de les mesurer, permettent de fixer des limites supérieures : la masse du neutrino associé à l'électron (ν_e) ne doit pas dépasser 4 électronvolts (eV) (2) – ce qui représente moins d'un cent millième de la masse de l'électron, la particule la plus légère connue. Quant aux autres espèces, on sait que la masse du ν_μ est inférieure à 160 KeV et celle du ν_τ à 24 MeV. Mais les expériences sont délicates, et il est difficile de descendre en deçà de ces limites. Fort heureusement, il existe un autre moyen, plus indirect mais plus efficace, de savoir si les neutrinos ont une masse : on cherche à détecter leurs "oscillations".

Comme toutes les particules, les neutrinos... ne sont pas tout à fait des particules. Par certains aspects, ils se comportent comme des ondes. En fait, à l'échelle subatomique, il n'y a plus ni particules ni ondes, mais une seule catégorie d'objets possédant des caractéristiques à la fois corpusculaires et ondulatoires. Le monde microscopique est entièrement gouverné par les lois de la physique quantique, radicalement différentes des lois classiques. L'oscillation des neutrinos est l'un de ces phénomènes purement quantiques que l'esprit humain a du mal à concevoir.

La physique quantique ne sait dire si les neutrinos ont une masse. Elle prédit en revanche que, si c'est le cas, ils ont la faculté de se métamorphoser périodiquement d'une espèce en une autre, oscillant par exemple entre ν_e et ν_μ.

COCKTAIL DE "SAVEURS"

Faisons donc l'hypothèse que les masses ne sont pas nulles. Dans le langage quantique, on dit que les neutrinos peuvent exister sous trois "états de saveur" (ν_e, ν_μ et ν_τ) et sous trois "états de masse" (m1, m2 et m3). « Mais, en physique quantique, il n'y a aucune raison pour que les états de saveur coïncident avec les états de masse », explique Jacques Bouchez, physicien au Commissariat à l'énergie atomique (CEA). Autrement dit, un ν_e n'a pas de masse bien définie : c'est un certain mélange de m1, m2 et m3. Réciproquement, un neutrino de masse m1 est un cocktail de plusieurs "saveurs" : telle dose de ν_e, telle dose de ν_μ, etc.

Quand un neutrino interagit,

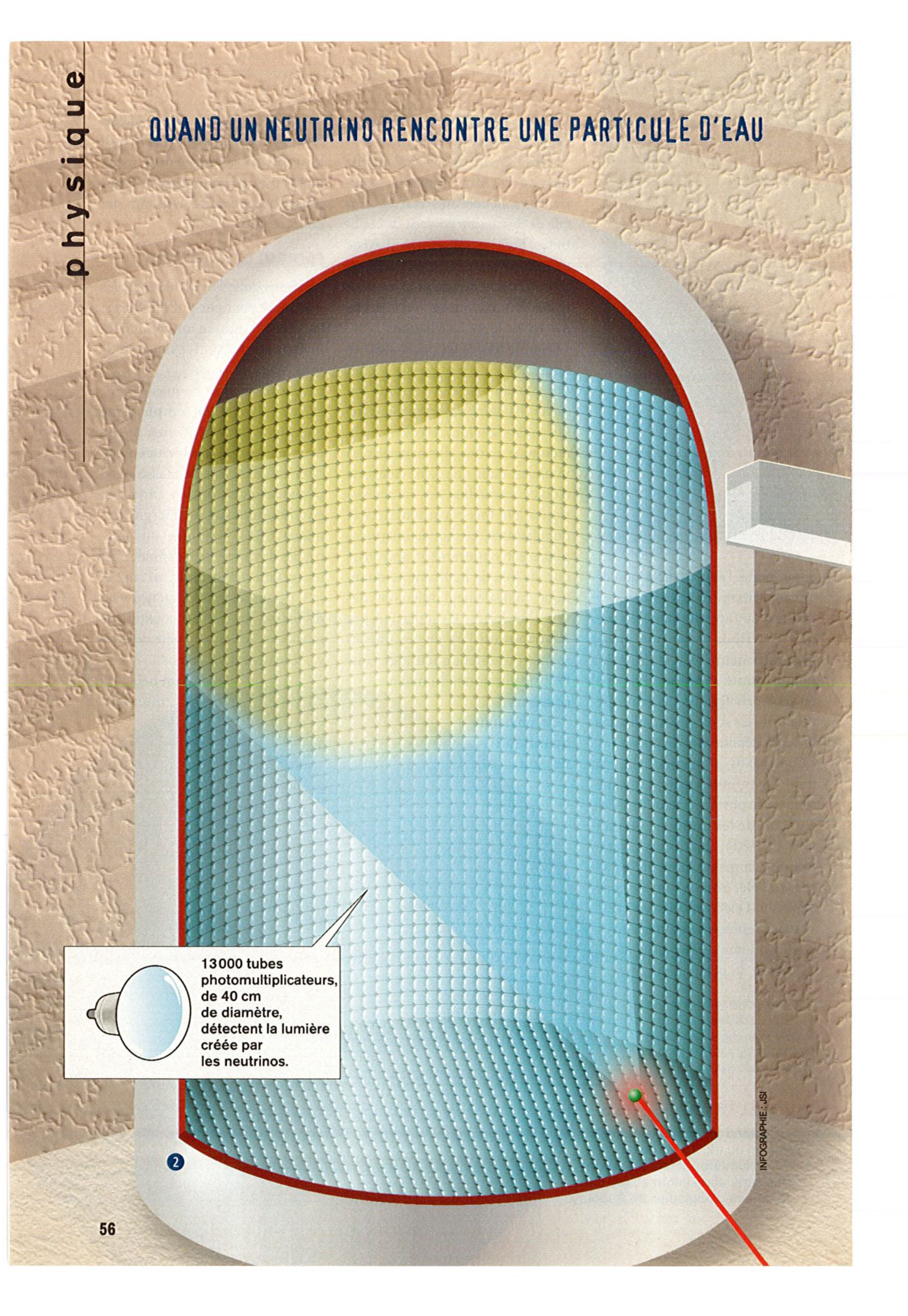
SPL/COSMOS

(2) L'électronvolt (eV) est une unité d'énergie ou de masse utilisée à l'échelle atomique. 1 eV équivaut à $1,76.10^{-36}$ kg, 1 KeV = 1 000 eV, 1 MeV = 1 000 KeV.

Signature lumineuse

Quand un neutrino interagit avec un quark, il se crée un cône de lumière, ici représenté par une simulation informatique dans le détecteur canadien de Sudbury.

QUAND UN NEUTRINO RENCONTRE UNE PARTICULE D'EAU



Les neutrinos atmosphériques sont créés à 10 km d'altitude, quand les particules cosmiques entrent en contact avec l'atmosphère. On sait que ces réactions produisent deux fois plus de neutrinos-muons (ν_μ) que de neutrinos-électrons (ν_e). Or le détecteur japonais Superkamiokande ne détecte que 1,2 ν_μ pour 1 ν_e ! Et les ν_μ qui arrivent par le bas du détecteur sont bien moins nombreux que ceux qui viennent d'au-dessus. Explication : les ν_μ (en vert) qui ont traversé la Terre et parcouru 15000 km ❶ ont oscillé, c'est-à-dire se sont transformés partiellement en neutrinos-tau (ν_τ) (en rouge), tandis que les ν_μ qui n'ont parcouru que 10 km depuis leur création ❷, n'ont pas eu le temps d'osciller.

Le détecteur Superkamiokande est une cuve enterrée cylindrique ❶, de 40 m de hauteur et 40 m de diamètre, remplie d'eau et tapissée de photomultiplicateurs capables de détecter le moindre photon ❷. Une fois sur cent mille milliards (!), un neutrino-électron (ν_e) ou un neutrino-muon (ν_μ) réagit avec un quark d'un noyau d'hydrogène ou d'oxygène de l'eau, produisant un électron (e) ou un muon (μ). Celui-ci, éjecté à une vitesse supérieure à celle de la lumière dans l'eau, engendre un cône de lumière bleue, qui est l'analogue visuel du "bang" des avions supersoniques – c'est l'"effet Cherenkov". Ce cône de lumière vient frapper la paroi de la cuve, où il est détecté par les tubes photomultiplicateurs. De tous ces signaux ❸, on déduit l'énergie du neutrino, sa "saveur" (ν_e ou ν_μ) et la direction d'où il provient. Cent fois plus sensible que les détecteurs de neutrinos existants, Superkamiokande a enregistré, entre avril 1996 et avril 1998, 4700 neutrinos et détecté un important déficit en ν_μ ❹. C'est la preuve qu'une partie des ν_μ ont oscillé, c'est-à-dire se sont transformés en d'autres types de neutrinos. Ce qui n'est possible que si tous les neutrinos ont une masse.

❶ Le détecteur est enterré à 1000 m de profondeur, dans une ancienne mine, afin de stopper les rayons cosmiques qui pourraient parasiter l'expérience.

SUPERKAMIOKANDE

Voici la signature d'un neutrino-muon : sur les parois de la cuve (ici "déroulée"), les points colorés représentent les photomultiplicateurs touchés par le cône de lumière.

le seul facteur qui compte est sa saveur. Par contre, quand il se déplace, c'est sa masse qui importe! Lorsqu'un neutrino de saveur ν_e est créé, il voyage dans l'espace sous plusieurs états de masse, c'est-à-dire comme une superposition de plusieurs ondes qui se propagent avec des phases distinctes. Il en résulte une différence de phase, qui oscille avec la distance, ce qui correspond à un mélange ν_e/ν_μ de dosage variable. Si l'on cherche à détecter ce neutrino, on ne piégera qu'une saveur, et jamais un mélange. « Si bien que la probabilité de piéger un ν_e est elle aussi variable et oscille avec la distance », conclut Jacques Bouchez.

En résumé, si les neutrinos ont une masse, ils doivent osciller périodiquement entre plusieurs états de saveur. Par conséquent, si l'on détecte moins de neutrinos que prévu d'une saveur donnée, ce déficit peut signifier qu'ils se sont transformés en une autre espèce (qu'on ne détecte pas), donc qu'ils ont une masse.

Voilà plus de trente ans que les physiciens recherchent des oscillations de neutrinos, sans véritable succès. Leur détection est particulièrement délicate puisqu'on ne piège qu'une infime proportion de ceux qui traversent le détecteur – de l'ordre d'un sur quelques centaines de milliards. Les calculs permettent de prévoir ce très faible taux de détection, donc de mesurer un éventuel déficit. Mais, jusqu'à présent, les expériences étaient peu concluantes.

Cette fois, les résultats de l'expérience de Superkamiokande, au Japon, à laquelle participaient cent vingt physiciens japonais et américains, ne laissent guère place au doute. « Tout le monde est maintenant convaincu qu'il y a des oscillations de neutrinos atmosphériques, et que les neutrinos ont réellement une masse », résume Michel Cribier, du service de physique des particules du CEA.

L'expérience a commencé en avril 1996. Le détecteur est une énorme cuve cylindrique de 40 m de diamètre et 40 m de hauteur, remplie d'eau ultra-pure et entièrement tapissée de 13000 photomultiplicateurs, qui détectent et amplifient le rayonnement lumineux (voir double page). En juin dernier, lors de la conférence mondiale sur les neutrinos, qui se tenait au Japon, les physiciens de Superkamiokande ont jugé leurs résultats assez probants pour annoncer officiellement l'existence d'oscillations de neutrinos. Celles-ci donnent accès non pas à la masse des neutrinos, mais seulement à leur différence de masse : plus l'oscillation est longue, plus cette différence est petite. D'après les données de Superkamiokande, on a évalué la différence de masse entre le ν_μ et le ν_τ à environ 0,04 eV – mais cette estimation demande à être validée par d'autres expériences. Plusieurs sont déjà en préparation, à Tsukuba (Japon), au CERN (Genève) et au Fermilab, près de Chicago.

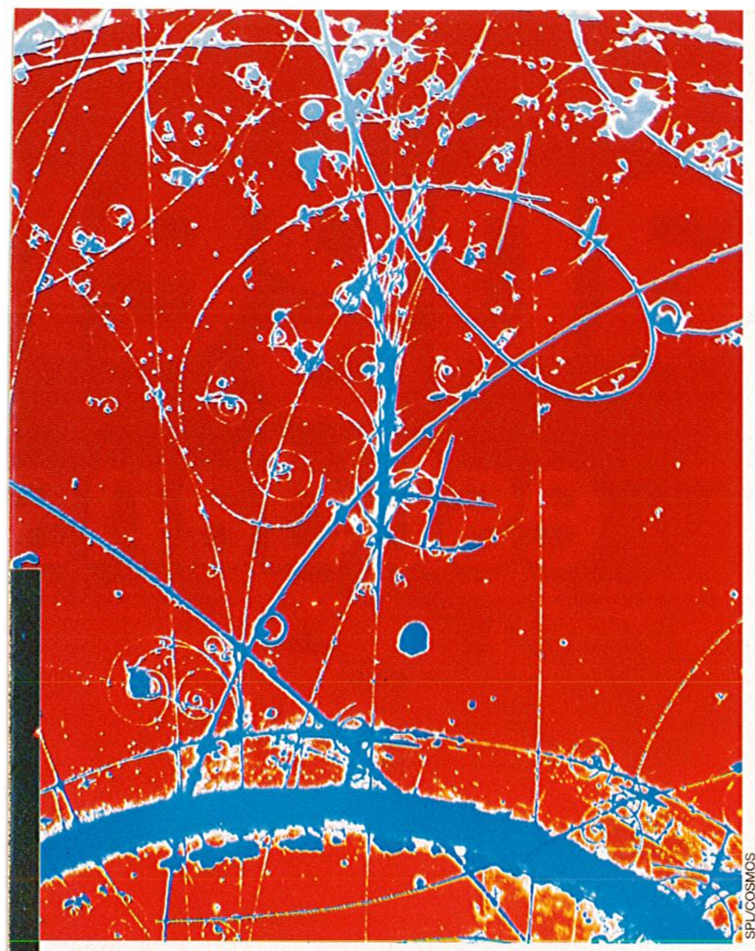
L'avenir de l'Univers subordonné à la masse des trois neutrinos

Pourquoi consacrer un si grand nombre d'expériences à la recherche d'oscillations de neutrinos? Les physiciens, et aussi les astrophysiciens, ont de nombreuses raisons de se passionner pour le sujet. Ainsi, le déficit chronique de neutrinos solaires, mesuré depuis des décennies dans plusieurs expériences (voir *Science & Vie* n° 874, p. 14, et n° 898, p. 20) pourrait également s'expliquer par des oscillations de neutrinos. Mais, surtout, la masse des neutrinos pourrait faire changer le destin du monde... Car, si les neutrinos sont extraordinairement légers, ils sont aussi incroyablement nombreux : ils pourraient peser de tout leur nombre dans la masse de l'Univers.

Or, les astrophysiciens sont depuis longtemps confrontés à l'épineux problème de la "masse manquante" de l'Univers. On peut calculer la masse (ou la densité) de l'Univers à partir de celle des étoiles et de la matière visible. Mais, quand on observe la rotation des galaxies, on s'aperçoit que leur mouvement correspond à des masses (ou à des densités) bien plus élevées que celles qu'on observe. Tout se passe comme si les galaxies et la matière que nous connaissons ne représentaient que 10 % de la masse de l'Univers, et comme si les 90 % restants étaient constitués d'une mystérieuse "matière cachée".


NASA

On a suggéré que des neutrinos massifs seraient de bons candidats pour expliquer la masse manquante. Puisqu'elle ne livre pas de mas-



Les neutrinos sont cachés ici

Les neutrinos étant neutres, ils sont invisibles dans la chambre à bulles (ci-dessus), qui ne garde la trace que des particules chargées; les volutes sont dessinées par des particules secondaires issues de la réaction d'un neutrino avec un proton. Discrets et néanmoins pesants, les neutrinos pourraient constituer une partie de la masse manquante de l'Univers (ci-contre, un champ de galaxies vu par *Hubble*).

se absolue, l'expérience de Superkamiokande ne répond pas à cette question, « mais la faible différence de masse mesurée entre les deux neutrinos (0,04 eV) pourrait suggérer que les masses elles-mêmes sont aussi très faibles », remarque Michel Cribier.

« Si l'on a que les neutrinos pour constituer toute la masse manquante, on a du mal à expliquer la formation de galaxies », ajoute Jacques Bouchez. « Actuellement, le scénario le plus satisfaisant n'attribue aux neutrinos qu'une petite partie de la matière cachée ».

Autre grande question de cosmologie : l'Univers poursuivra-t-il éternellement son expansion ou bien finira-t-il par se contracter? Tout dépend de sa densité de matière (ou d'énergie) : si celle-ci est élevée, la gravitation s'opposera à l'expansion de l'Univers, et entraînera sa contraction. Au contraire, si l'Univers est très diffus, l'expansion continuera sans entrave. En fait, même en tenant compte de la matière cachée, la densité de l'Univers semble très faible, bien inférieure à la "densité critique" à partir de laquelle il est voué à se recontracter.

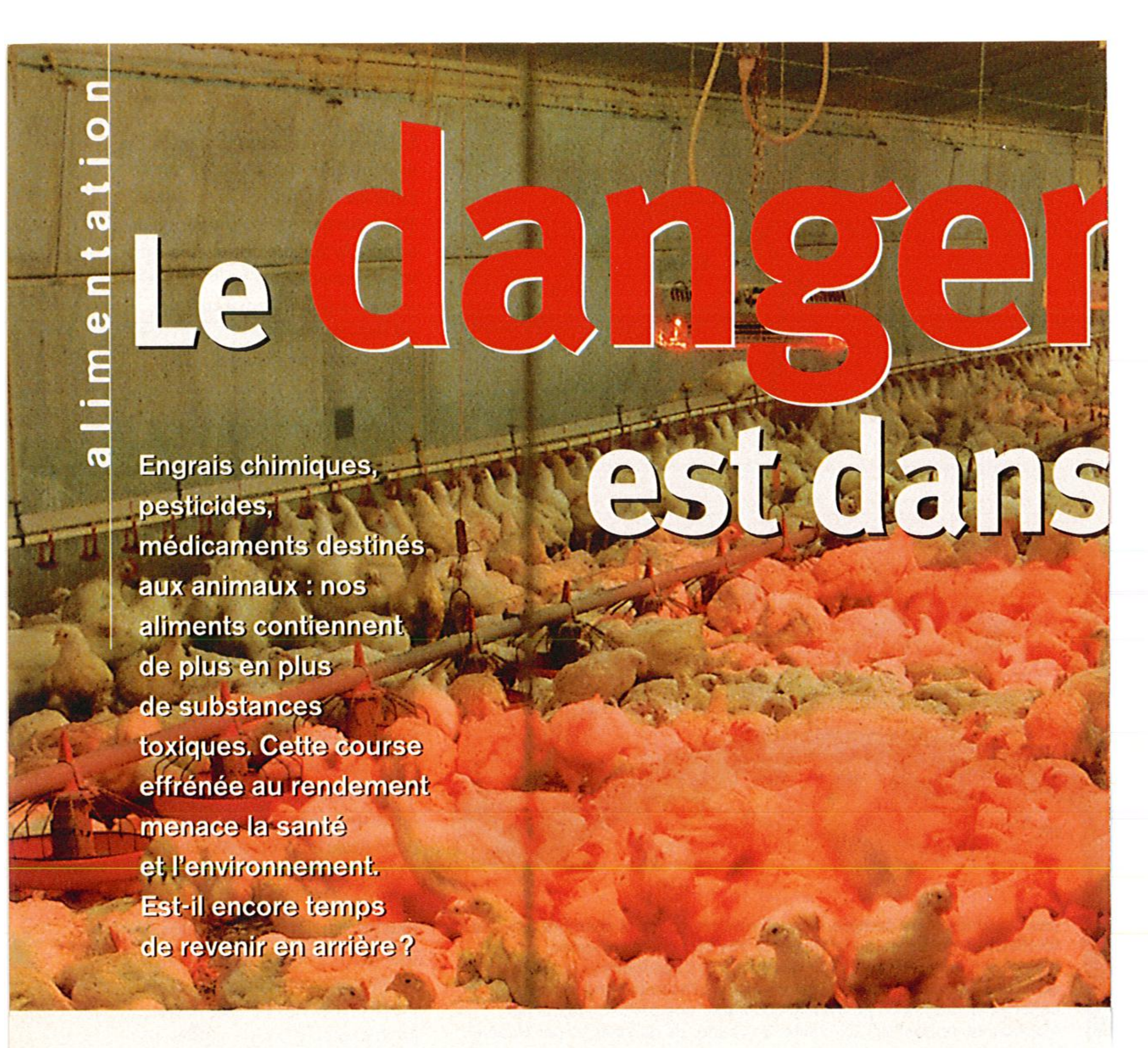
Cependant, pour plusieurs raisons, les cosmologistes penchent souvent en faveur d'un Univers juste critique – un Univers "plat", sur la ligne de crête entre expansion et contraction. Là encore, on appelle les neutrinos à la rescousse. Pour permettre à l'Univers d'atteindre la densité critique, la somme des masses des trois neutrinos devrait atteindre environ 40 eV. Il est trop tôt pour dire si cette condition peut être satisfaite.

UN PAS VERS LA GRANDE UNIFICATION

En revanche, les résultats de Superkamiokande sont peut-être les prémices d'une nouvelle théorie d'unification des particules et des forces. L'actuel Modèle standard, on l'a dit, attribue une masse nulle aux neutrinos, mais il s'accommoderait de quelques retouches. D'autres théories tentent d'aller plus loin, jusqu'à l'unification des forces électromagnétique, faible et forte. Certaines prévoient des neutrinos massifs, d'autres leur donnent une masse nulle – et sont donc désormais disqualifiées.

L'une de ces théories de "grande unification" explique même les masses extrêmement faibles des neutrinos : elles seraient d'autant plus petites que l'énergie de grande unification est élevée. Ainsi, la preuve, encore timide, que les neutrinos ont une masse dessinerait, qui sait, un premier pas vers l'énergie de grande unification. Quoi qu'il en soit, les prochaines années verront sans doute se préciser les masses des neutrinos et progresser les théories physiques et cosmologiques dans lesquelles ces particules, de moins en moins insaisissables, jouent un rôle crucial. ■

■ Dans notre précédent numéro, nous avons malencontreusement omis la signature du dossier "Pourquoi y a-t-il quelque chose plutôt que rien?". Hélène Guillemot en était également l'auteur.



alimentation

Le danger est dans

Engrais chimiques, pesticides, médicaments destinés aux animaux : nos aliments contiennent de plus en plus de substances toxiques. Cette course effrénée au rendement menace la santé et l'environnement. Est-il encore temps de revenir en arrière ?

« Les aliments que nous consommons sont de plus en plus pauvres en principes vitaux et de plus en plus riches en éléments nocifs pour la santé. » Tel est le cri d'alarme du Dr Lylian Le Goff (1), médecin à Lorient, au cœur de la Bretagne, région emblématique des pratiques agricoles intensives.

Or, malgré les mises en garde de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les pratiques agricoles modernes ne font que s'amplifier : la mondialisation et les lois de la concurrence imposent à l'agriculture de produire toujours plus, à un coût de plus en plus réduit, ce qui se traduit par une qualité de plus en plus médiocre.

Conséquences : le consommateur est de plus en plus vulnérable aux infections et au cancer, et les firmes pharmaceutiques ne cessent de s'enrichir : « C'est un cercle vicieux... scandaleux ! Le chiffre d'affaire des trusts chimiques est constitué autant par les intrants agricoles (engrais chimiques, pesticides, antibiotiques) que par les médicaments destinés à l'homme... »

Ainsi le Dr Le Goff a-t-il conclu son intervention, lors de la "Rencontre scientifiques et citoyens" qui s'est déroulée en mai dernier, à Paris. Pour sortir de ce cercle vicieux, il n'y a d'autre issue que de revenir à une agriculture plus proche de l'ordre naturel des choses. Le premier coup de semonce a été donné par l'affaire de la vache folle, le second pourrait venir des aliments transgéniques.

CRISE DE CONFIANCE

D'ailleurs, les consommateurs ne s'y trompent pas. Selon une récente enquête de CSA (Conseil sondage analyse), 46 % d'entre eux ne font pas confiance aux agriculteurs, et 72 % sont méfiants vis-à-vis des industriels de l'agroalimentaire.

(1) Auteur de *Nourrir la vie* (Roger Jollois).



C. THIRIET

Les aliments ne constituent pas seulement une source de protides, de lipides, de glucides, de sels minéraux et d'eau. Ils doivent également apporter des vitamines et des oligo-éléments, indispensables aux réactions biochimiques de l'organisme. Or, déplore le Dr Le Goff, «ces nutriments sont altérés par les modes de culture et d'élevage intensifs, et ils sont éliminés ou considérablement réduits par les traitements ultérieurs, notamment par le raffinage.»

En outre, l'élevage intensif implique l'usage de médicaments qui permettent aux animaux de survivre aux conditions anormales auxquelles ils sont soumis jusqu'à l'abattage : des antibiotiques, prescrits non seulement à titre préventif et curatif mais comme stimulants de croissance; des antiparasitaires; des vitamines de synthèse. Sans oublier les autres médicaments de

T. PASQUET/EDITING

Des aliments dénaturés

Pour le Dr Lylian Le Goff, l'agriculture intensive produit des aliments pauvres en nutriments indispensables à l'organisme (vitamines, oligo-éléments) et complètement dénaturés. Ainsi, la chair des poulets issus de l'élevage en batterie (photo ci-dessus), profondément altérée, est dépourvue de goût.

Forte tête

Camille Guillou, agriculteur dans le Morbihan, fait partie des "fortes têtes" qui, lassées d'être des pions entre les mains des lobbies agroalimentaires et du puissant syndicat des agriculteurs (la FNSEA), abandonnent les pratiques agricoles intensives pour revenir à une production de qualité.

T. PASQUET/EDITING

la médecine vétérinaire, et les minéraux tels que le cuivre (que l'on retrouve dans les lisiers).

Quant aux cultures, on ne peut améliorer leurs rendements qu'à l'aide de quantités de plus en plus importantes d'engrais chimiques et de pesticides de toutes sortes : herbicides, insecticides, fongicides, rodenticides (contre les rongeurs), nématicides (contre les vers du sol)... Or, cette chimie laisse dans les aliments des résidus toxiques qui, si faibles qu'ils soient, finissent par détraquer l'organisme humain.

Certes, tous les produits alimentaires d'origine animale ou végétale mis sur le marché font l'objet d'études préalables. Elles ont pour objectif de déterminer, pour chaque aliment, les limites maximales de résidus (LMR) de médicaments vétérinaires et les concentrations maximales admissibles (CMA) de pesticides.

Des normes sont établies par des comités d'experts de l'OMS. Elles fixent également les limites maximales des nitrates, des métaux lourds (cuivre, plomb, cadmium, manganèse) et de la radioactivité dans les aliments, et les doses journalières admissibles (DJA) d'additifs alimentaires (antioxydants, émulsifiants, aromatisants, édulcorants, épaississants) pouvant être absorbées par l'homme.

Ainsi, la DJA du gallate de propyle, un antioxydant, est fixée à 1,4 milligramme par kilogramme de poids corporel; et la dose quotidienne d'ester glycérique de colophane, un émulsifiant, ne



MOSCHETTI/REA

Du "poisson fou"?

Les farines carnées responsables de la "maladie de la vache folle" étaient également utilisées dans les élevages de poissons. L'agent de la maladie, le prion, aurait contaminé le bar et le saumon...

des résidus de pesticides. Depuis l'invention du DDT, après la dernière guerre, des centaines de nouvelles molécules ont été synthétisées, pour remplacer celles qu'on jugeait trop dangereuses et celles qui étaient devenues inefficaces en raison de la remarquable adaptation des insectes et autres parasites : en tout, 1500 principes actifs, vendus sous 30000 appellations à travers le monde.



Gavés de médicaments

La viande que nous mangeons contient des résidus des nombreux médicaments vétérinaires administrés quotidiennement aux animaux, comme certains antibiotiques destinés à stimuler artificiellement leur croissance.

doit pas dépasser 25 mg par kilo de poids corporel.

Tous les produits alimentaires vendus dans le commerce font l'objet de contrôles. Pour les produits animaux (viande de boucherie, volaille) et d'origine animale (lait, produits laitiers), ils sont effectués par le ministère de l'Agriculture. Pour les produits végétaux (légumes, fruits, céréales) et d'origine végétale (huiles, pâtes, biscuits), c'est, curieusement, le ministère de l'Economie et des Finances qui en est chargé. Or, malgré la rigueur avec laquelle ces contrôles sont réalisés, toutes les garanties sur les plans réglementaire, toxicologique et toxique ne sont pas fournies.

Prenons l'exemple de l'ivermectine, un antiparasitaire très toxique pour le système nerveux, employé en médecine vétérinaire pour traiter le bétail. Pour les experts de l'OMS, les taux acceptables sont de 15 microgrammes par kilo dans le foie de l'animal et de 20 mg par kilo dans les graisses, ce qui implique d'abattre les animaux au moins vingt-huit jours après l'arrêt du traitement, afin de laisser au produit le temps de s'éliminer.

Or, les Américains, grands exportateurs de viande bovine en Europe, sont parvenus à nous imposer pour les bovins des taux nettement supérieurs (100 mg par kilo pour le foie et 40 mg par kilo pour les graisses), car ils estiment que ces taux ne sont pas toxiques pour l'homme. Grâce à quoi ils peuvent réduire de plusieurs jours le délai entre la fin du traitement et l'abattage.

Prenons maintenant l'exemple

Les contrôles sont impuissants à détecter tous les résidus nocifs

En France, l'arrêté du 7 mars 1985 fixe les teneurs maximales des aliments en résidus de quelque cent cinquante pesticides couramment utilisés. Or, un produit alimentaire peut en contenir plusieurs. Même si le taux de résidus est conforme à la législation pour chaque pesticide, en s'additionnant, les résidus potentialisent leur toxicité. Il faut savoir aussi que chaque pesticide nécessite une technique spécifique de détection, ce qui exclut de les mettre tous en évidence. Enfin, certains d'entre eux ne sont plus détectables au moment du contrôle, car, entretemps, ils ont été dégradés en divers métabolites. Or, certains de ces métabolites peuvent être plus

dangereux que le pesticide lui-même. C'est le cas du manèbe, un fongicide qui se dégrade en éthylène thio-urée, cancérigène.

Mais il y a plus grave. De nombreux pesticides interdits en France (aldrine, dicrotophos, dieldrine, etrimfos...) sont en usage dans les pays du tiers monde, où les réglementations sont quasi inexistantes ou mal appliquées. Ces pesticides se retrouvent dans le café, le cacao et les fruits tropicaux vendus en France.

A long terme, les résidus de pesticides entraînent chez les consommateurs des réactions allergiques, des cancers et des effets tératogènes (par exemple, des anomalies du développement de l'appareil génito-urinaire masculin). Un éditorial de la revue britannique *The Lancet* (15 avril 1995) fait état de trois études (suédoise, écossaise et française) qui établissent que, au cours des cinquante dernières années, la concentration en spermatozoïdes du sperme humain a chuté d'environ 50 %.

Dans la même période, le nombre de cancers testiculaires a doublé, et on a observé plus fréquemment des anomalies du développement génital mâle, telles que la cryptorchidie (défaut de migration des testicules de l'abdomen vers les bourses) et l'hypospadias (malformation de l'urètre et défaut de développement de la verge). Selon *The Lancet*, ces anomalies seraient liées à l'emploi massif de pesticides.

L'usage important des antibiotiques dans les élevages intensifs entraîne un autre problème : à la longue, ils donnent naissance à des bactéries résistantes. Risque d'une exceptionnelle gravité pour l'homme, car les antibiotiques deviennent progressivement inefficaces, au point que l'on risque de ne plus pouvoir traiter certaines infections bactériennes humaines. Par exemple, le staphylocoque doré, responsable en milieu hospitalier d'infections souvent mortelles, est de plus en plus résistant à la vancomycine, l'un des plus puissants antibiotiques.

Selon les experts, cette résistance est due à son emploi abusif et à la consommation de viande contenant des résidus d'avoparcine, un antibiotique utilisé dans les élevages comme activateur de croissance. En effet, l'avoparcine et la vancomycine sont chimiquement très proches. On a donc toutes les raisons de craindre que les bactéries devenues insensibles à l'un ne le deviennent également à l'autre. Le doute a été jugé suffisant pour que le Danemark interdise, en 1995, l'ajout d'avoparcine dans les aliments du bétail. Il a été suivi, en 1996, par la France et par l'Allemagne et, en 1997, par le reste de l'Union européenne. Cette mesure est cependant insuffisante, car les autres antibiotiques de l'élevage intensif peuvent provoquer les mêmes phénomènes.

DU BOVIN À L'HOMME

Mais c'est le prion, responsable de la maladie de la vache folle, qui inquiète le plus les consommateurs. Cette mystérieuse protéine, découverte en 1982 par le Dr Stanley Prusiner, de l'université de Californie (San Francisco, Etats-Unis), est normalement synthétisée chez les mammifères, y compris l'homme, particulièrement dans le système nerveux. Or, pour des raisons encore mal connues, il arrive que ces protéines changent de conformation et deviennent pathogènes. Elles détruisent alors l'encéphale, qui prend l'aspect d'une éponge – d'où le nom d'encéphalopathie spongiforme donné à la maladie.

Les encéphalopathies neurodégénératives dues à des prions sont connues de longue date chez les ovins (scrapie ou tremblante du mouton) et chez l'homme (maladie de Creutzfeldt-Jakob, kuru). Longtemps, on a cru que la maladie n'était pas transmissible d'espèce à espèce. On sait maintenant que c'est faux, puisqu'il est établi que c'est par des farines carnées (insuffisamment chauffées) provenant de l'équarrissage de moutons contaminés que la maladie a été transmise aux bovins.

Le premier cas est apparu en



C. THIRIET

Néfaste course au rendement

Les pesticides dont on inonde les cultures (ci-dessus) se concentrent dans les aliments. Quant aux dangereux nitrates du lisier épandu comme engrais (ci-contre), on les retrouve dans l'eau que nous buvons.


T. PASQUET/EDITING

Le contre-exemple

Pour André Pochon, agriculteur dans les Côtes-d'Armor, il est possible de développer des modes de production qui préservent l'environnement et la qualité des aliments tout en restant performants et rentables.

1986 en Grande-Bretagne, où les farines étaient produites. Depuis, on a acquis la certitude que l'agent de la vache folle se transmet des bovins à l'homme, et, aux dernières nouvelles, plusieurs données expérimentales d'origine britannique confirment qu'il a réussi à passer du bovin au mouton. Cette information survient au moment où la Commission européenne de Bruxelles envisage de lever, à l'automne prochain, l'embargo qui, depuis mars 1996, frappe les viandes bovines d'origine britannique. Il faut espérer que cette mesure sera retardée.

En France, les farines contaminées importées de Grande-Bretagne ont été interdites en 1989 chez les bovins et en 1994 chez les ovins. Cependant, on a continué d'en importer jusqu'à mars 1996 pour alimenter porcs, volailles et poissons d'élevage (plus de 5000 tonnes au cours du premier trimestre 1996). Selon des rumeurs persistantes, des élevages français de poissons (loup, saumon) auraient été contaminés par l'agent de la vache folle. D'autres rebondissements sont donc à prévoir... et à redouter.

L'introduction sur le marché d'aliments provenant d'organismes génétiquement modifiés (OGM) est une autre source d'inquiétude. Les OGM sont des espèces animales ou végétales dans le patrimoine génétique desquelles on a introduit un ou plusieurs gènes d'autres espèces, qui appartiennent parfois à un autre règne. Le risque le plus probable est que les OGM déclenchent des problèmes de santé publique. Ainsi, le maïs transgénique est porteur d'un gène codant pour la résistance à l'ampicilline, antibiotique très utilisé en médecine humaine. Autre type de risque : si l'on introduit un gène de tomate dans un génome de poulet, tout sujet allergique à la tomate fera une crise d'allergie en mangeant du poulet!

L'apparition d'aliments transgéniques est une nouvelle source d'inquiétude

Il est temps de prendre au sérieux les menaces que l'agriculture intensive fait peser sur la santé humaine, mais aussi sur l'environnement, puisqu'on estime que, chaque jour, environ 200000 tonnes de lisier – l'équivalent de la cargaison d'un pétrolier – s'accumulent en Bretagne. Et l'on ne sait pas comment s'en débarrasser.

Dans cette région, où 80 % de l'eau potable provient des rivières, la norme de 50 mg de nitrates par litre est aujourd'hui régulièrement dépassée. Or, ces nitrates, qui proviennent de l'usage intensif d'engrais et de l'épandage de lisier dans les champs, sont dangereux parce qu'ils peuvent se transformer en nitrites, particulièrement toxiques pour les nourrissons, et en nitrosamines, hautement cancérigènes.

Aujourd'hui, un grand nombre de producteurs conscients du système aberrant dans lequel ils se sont engagés tentent d'ouvrir une voie nouvelle en revenant à des méthodes plus proches de la tradition (2), mais économiquement rentables. Ce n'est pas facile, car les industriels de l'agroalimentaire et l'Etat voient d'un mauvais œil ces initiatives... ■

(2) Pour en savoir plus, lire *les Champs du possible*, d'André Pochon (Syros), et *les Saigneurs de la Terre*, de Camille Guillou (Albin Michel).

Les ingénieux fous de la

Le surf est en train d'écrire une nouvelle page de son histoire séculaire. Pour la première fois, une poignée de sportifs de haut niveau sont parvenus à surfer sur des vagues de 10 m de hauteur. Car ces montagnes d'eau n'ont plus de secrets pour eux…

La scène a été tournée à quelques centaines de mètres au large de la côte de Maui, dans l'archipel d'Hawaii. A cet endroit, les surfeurs ont surnommé leur zone de surf Jaws ("mâchoires" en anglais), tant la houle qui brise là est gigantesque. Le haut fond sur lequel se dirigent les trains de houle est un plateau rocheux triangulaire, parfait pour que déferle progressivement la vague vers la droite et vers la gauche. Mickey, l'un des personnages du film In God's Hands ("Dans les mains de Dieu"), qu'on verra cet été sur les écrans, se trouve dans le chenal. Immobile sur sa grande planche, il assiste au ballet de ses amis, tractés par des jet-skis – des scooters des mers – avant de dévaler ces montagnes d'eau de 10 m de hauteur.

Mickey est à la fois fasciné et dégoûté. Se faire tirer par un jet-ski, ce n'est plus du surf, c'est du ski nautique! Et le surf, tout droit issu du "He'enalu" ancestral,

PHOTOS S. CAZENAVE

* Directeur de la rédaction de *Surf Session*.

PAR GIBUS DE SOULTRAIT*

vague

Le défi sans fin

Pour Darrick Doerner (ci-dessus), Laird Hamilton (en médaillon) et Buzzy Kerbox, trois virtuoses du surf, il était physiquement impossible d'évoluer sur des vagues de plus de 7 mètres. Pour "prendre" des vagues encore plus hautes – et établir ainsi de nouveaux records –, ils se sont résignés à faire appel aux techniques du ski nautique.

pratiqué depuis la nuit des temps par les Polynésiens d'Hawaii, doit sa noblesse à la sobriété des éléments en présence : un homme, sa planche et la vague. Combat d'arrière-garde, répliquent ses compagnons. Ils savent qu'au-delà d'une certaine hauteur il est impossible de s'élancer à temps dans le mouvement de la vague en ramant. Celle-ci se déplace trop vite, et le surfeur qui la dévale ensuite tombe dans le vide.

L'OCÉAN MESURÉ AU CENTIMÈTRE PRÈS

Si l'intrigue de *In God's Hands* – dont les acteurs sont tous des surfeurs renommés – n'est pas palpitante, le film a le mérite, grâce à des prises de vue d'une très grande qualité, d'illustrer une évolution technique majeure du surf dans les grosses vagues.

Pour saisir ce changement, il faut d'abord comprendre ce qui fait la singularité et la difficulté de ce sport : la vague. Déferlant sur le rivage, elle est l'aboutissement des complexes relations qui se nouent entre l'océan et l'atmosphère. L'interaction des grands courants maritimes et des flux atmosphériques donne naissance aux dépressions atmosphériques dont les vents plissent l'océan et engendrent la houle. Plus une dépression est importante – pression très basse de 970 hectopascals, par exemple, lignes isobares (points d'égale pression) très serrées –, plus les surfeurs ont de chances de voir survenir sur la côte des vagues fortes et grosses dans les quarante-huit heures, voire les jours suivants.

La genèse de la vague est un phénomène complexe que la science interprète mal. Les océanographes ne savent pas décrire en détail l'action du vent dans la formation de la houle. Nombre de résultats en hydrodynamique reposent encore aujourd'hui sur les données statistiques établies à partir de relevés. Ces mesures deviennent pourtant de plus en plus précises, grâce notamment au satellite *Topex-Poseidon*, dont l'altimètre scrute la surface océane au centimètre près. Si aucun modèle mathématique ne parvient à expliquer la naissance de la houle (cette "bosse" océane, comme l'appellent les océanographes), on sait néanmoins que sa taille et sa puissance dépendent de la force des vents, mais aussi du fetch, l'étendue sur laquelle ils soufflent. Un vent de 40 km/h qui balaie une étendue de 200 km forme au bout de quinze heures une houle de 2,5 m. Hauteur qui peut atteindre 11 m si le fetch est de 400 km et le vent de 100 km/h.

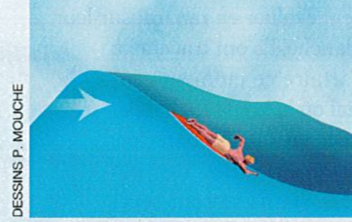
Une fois créée, la houle n'a plus besoin du vent pour se déplacer. Evidemment, plus les vents auront soufflé longtemps dans la zone dépressionnaire, plus la houle aura acquis de puissance pour parcourir les milliers de kilomètres qui séparent souvent les dépressions océaniques des côtes. A la sortie de la mer de vents, la houle perd aussitôt un tiers de sa hauteur (c'est une approximation) avant de se stabiliser. Ensuite, si aucun coup de vent parasite ne la perturbe, elle perdra de son amplitude par dissipation de son énergie par frottements. La vitesse de déplacement de la vague dépend non pas de sa taille mais de la longueur d'onde, c'est-à-dire de la distance entre deux crêtes.

Dépression
Vent
1
2
3
Longueur d'onde
Mouvement des particules d'eau

Si la dépression est importante, les vagues seront fortes et grosses

La meilleure façon de glisser

DESSINS P. MOUCHE



Le surfeur voit la houle se diriger vers lui. Allongé sur sa planche, il rame de façon soutenue. Lorsque la houle le rattrape, il a suffisamment de vitesse pour qu'elle le prenne dans son mouvement…



… Dès que le surfeur sent la houle le porter, il se met debout. Selon que la vague est plus ou moins puissante, sa pente est plus ou moins raide et elle est donc plus ou moins difficile à descendre…



… Le plus important lors du départ est de franchir le premier tiers de la vague avant qu'elle ne projette sa crête. Sinon, le surfeur risque, surtout si les vagues sont très grosses, de tomber dans le vide.

De houle en vagues…

A l'origine, un choc thermique au-dessus de l'océan produit une dépression et des vents forts, qui plissent la surface de l'eau ❶. Ces mouvements chaotiques engendrent la houle. Elle n'a pas besoin de vent pour se déplacer et se propage selon un mouvement ondulatoire ❷ dû aux transferts d'énergie. Les particules ne sont pas entraînées, mais subissent des mouvements circulaires verticaux ❸. La vitesse de la houle dépend de la distance entre deux crêtes (c'est la longueur d'onde) et du temps qui sépare le passage de deux crêtes au même endroit (c'est la période). Elle peut atteindre 100 km/h, et même les dépasser en cas de raz de marée. A l'approche du rivage, la remontée de fond freine la houle dès que la profondeur du fond est égale à la demi-longueur d'onde. Le train de houle se comprime alors, tel un accordéon. Et la vague se cambre ❹ puis déferle ❺.

Ainsi, par l'application d'une formule mathématique, on sait que la vitesse de propagation en mer d'une vague dont la longueur d'onde est de 500 m grimpe à 100 km/h. Une autre méthode pour évaluer la vitesse de la houle consiste à compter sa période, c'est-à-dire le temps entre deux vagues. Une période de cinq secondes équivaut, pour une longueur d'onde de 40 m, à une vitesse de propagation de 29 km/h. Pour une période de dix secondes entre deux vagues et une longueur d'onde de 160 m, celle-ci avoisine 60 km/h et atteint 75 km/h pour vingt secondes et une longueur d'onde de 400 m. C'est dire si la houle en mer se déplace plus vite que nombre de navires.

Autre point notable : il n'y a qu'un déplacement vertical des particules d'eau. La houle possède une certaine quantité d'énergie cédée au départ par le vent. Au passage de la houle, les particules montent et descendent, mues par le déplacement de cette énergie de colonne d'eau en colonne d'eau.

Plus la planche est courte, plus les figures sont audacieuses

Schématiquement, les particules tournent sur elles-mêmes à la verticale. Ainsi l'onde avance-t-elle. Si rien ne l'altère, la houle est un mouvement quasi infini. C'est en gros ce qui se passe dans l'océan Antarctique qu'aucune côte ne ferme. Alimentée par une succession de dépressions, la houle tourne indéfiniment autour du continent de glace.

Quand la houle s'approche du rivage, sa vitesse de propagation décroît. La profondeur du fond intervient dans le calcul de la vitesse dès lors qu'elle devient égale à la demi-longueur d'onde de la houle. Les hauts fonds freinent la propagation de l'onde et resserrent les vagues : ralenti par le fond, avec une longueur d'onde en diminution, le train de houle se comprime, à la manière d'un accordéon, et engendre le déferlement. On comprend donc que, si le plateau continental s'avance au large des côtes, comme en Bretagne, les vagues déferlent avec moins de puissance, contrairement à ce qui se passe à Hawaii ou sur la côte Aquitaine, qui sont bordées par une fosse marine proche. Car la remontée du fond participe aussi au déferlement. Plus elle est brutale, plus la houle, arrivant à pleine vitesse, se cambre d'un coup, projetant violemment sa crête. Un effet que recherchent les surfeurs avertis… Une vague déferle lorsque la pente de sa cambrure est de l'ordre de 14 %. Cette situation se rencontre parfois en pleine mer, et les infortunés navigateurs doivent alors affronter des déferlantes gigantesques.

Les surfeurs n'ont pas attendu que les scientifiques décrivent ce phénomène pour glisser sur les vagues. Depuis que, au début du siècle, la pratique du He'enalu est réapparue sous le nom de surf à Hawaii, ils ont eu le temps de s'initier aux mystères de la vague. Comprenant d'expérience que la vague se déplace plus vite qu'ils ne peuvent évoluer en ramant sur leur planche, ils ont travaillé à parfaire ce moment crucial où la houle les happe, juste avant de déferler. Jusqu'au milieu des années 50, ils se sont servi d'une longue et lourde planche en bois, souvent en séquoia, parfois allégée avec du balsa, plus proche de l'esquif que de la planche de surf d'aujourd'hui. Une fois lancé, cet engin de plus de 3,5 m de longueur présentait une importante vitesse d'inertie qui permettait au surfeur de se faire prendre par la houle avant même que la crête "frise", c'est-à-dire ondule.

LE POLYURÉTHANNE REMPLACE LE SÉQUOIA

L'arrivée de nouveaux matériaux a autorisé la construction de planches plus légères et une évolution de l'approche de la vague. La fibre de verre recouverte de résine a remplacé le bois imbibé de vernis, la mousse de polyuréthanne fait désormais office de noyau central à la place du séquoia ou du balsa. L'onde devint peu à peu un support sur lequel le surfeur se mit à effectuer des manœuvres, alors que, jusqu'à la fin des années 50,

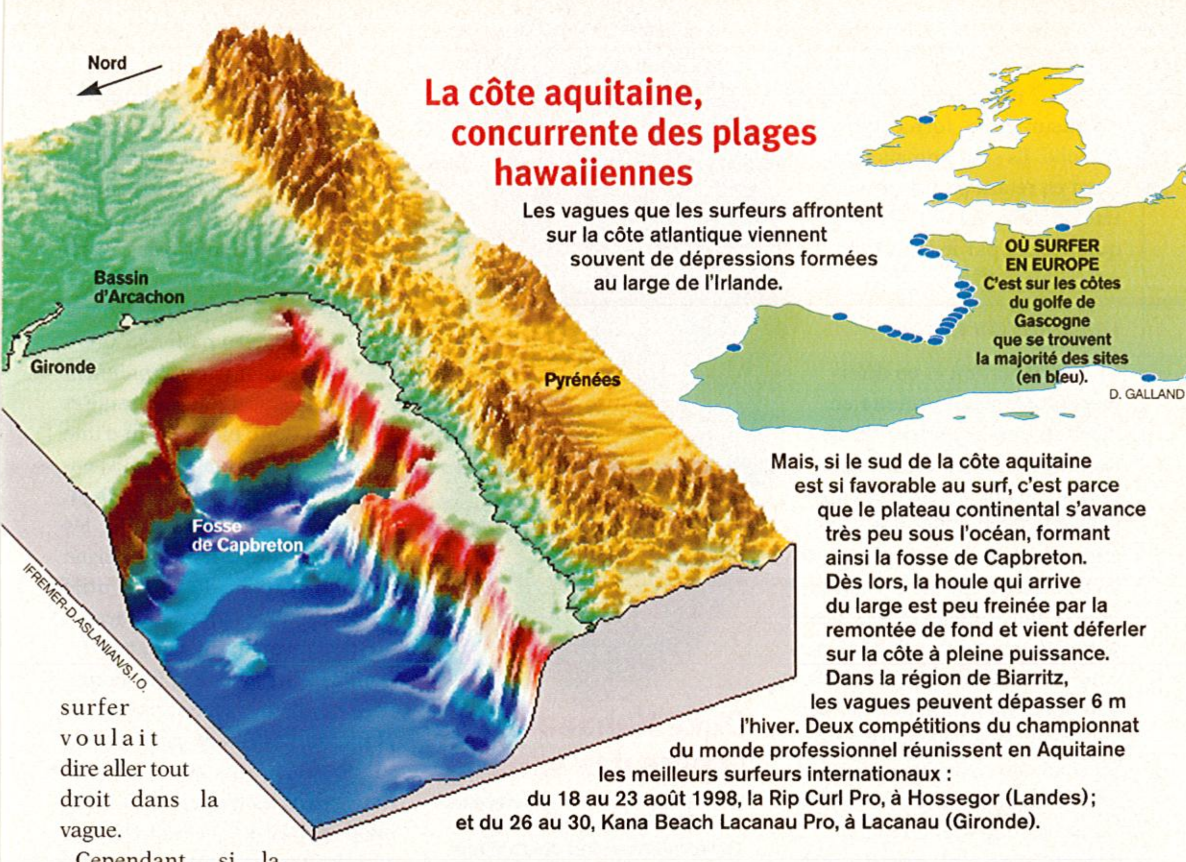


S. CAZENAVE

A chaque vague, sa planche

La forme et la longueur de la planche dépendent du gabarit du surfeur et de son style, mais aussi du type des vagues. Plus une vague est grosse, plus le sportif aura besoin d'une planche grande et effilée. Ci-contre, Vetea David, surfeur professionnel, devant sa panoplie de planches.

La côte aquitaine, concurrente des plages hawaiiennes



Les vagues que les surfeurs affrontent sur la côte atlantique viennent souvent de dépressions formées au large de l'Irlande.

Mais, si le sud de la côte aquitaine est si favorable au surf, c'est parce que le plateau continental s'avance très peu sous l'océan, formant ainsi la fosse de Capbreton. Dès lors, la houle qui arrive du large est peu freinée par la remontée de fond et vient déferler sur la côte à pleine puissance. Dans la région de Biarritz, les vagues peuvent dépasser 6 m l'hiver. Deux compétitions du championnat du monde professionnel réunissent en Aquitaine les meilleurs surfeurs internationaux : du 18 au 23 août 1998, la Rip Curl Pro, à Hossegor (Landes); et du 26 au 30, Kana Beach Lacanau Pro, à Lacanau (Gironde).

surfer voulait dire aller tout droit dans la vague.

Cependant, si la planche s'allégeait, sa longueur était toujours supérieure à 3 m, ce qui procurait encore assez d'élan pour démarrer en amont du déferlement. Les surfeurs purent commencer à défier des vagues avoisinant les 6 m à Hawaii, sur le "spot" (zone de surf) de Waimea, et découvrirent qu'il était humainement possible de résister, en cas de chute, à la violence inouïe de ces masses d'eau.

A la fin des années 60, le surf connut une évolution technique majeure. Toujours en quête de plus de maniabilité sur la vague, les constructeurs de planches et les surfeurs mirent au point, de façon empirique, des modèles beaucoup plus courts. La planche passa au-dessous de 3 m de longueur, puis au-dessous de 2,50 m et finalement sous la barre des 2 m, à l'instar de celle dont se sert aujourd'hui tout surfeur de compétition. Davantage de maniabilité et de réactivité de la planche pour permettre au surfeur des manœuvres plus audacieuses : tel est le principe d'évolution qui prévaut depuis trente ans.

Sur sa planche plus courte, le surfeur entrelace les figures : *"bottom-turn"*, virage en bas de la vague; *"roller"*, virage en haut de la vague, sous ou sur la crête; *"cutback"*, virage à l'extérieur du déferlement pour revenir vers l'écume; *"tube"*, manœuvre ultime où le surfeur se laisse recouvrir par le déferlement...

LA BARRIÈRE DES 7 MÈTRES

Mais, en raccourcissant les planches, les surfeurs réduisaient leur flottaison, donc la vitesse d'inertie obtenue en ramant. Ce qui les obligea, pour prendre la vague, à se rapprocher de l'endroit où précisément l'onde frise et se cambre sous l'effet du haut fond. La difficulté d'un plongeon plus tardif et plus risqué dans la pente fut compensée par l'amélioration de la forme de la planche : courbes avant et arrière plus effilées, profil plus galbé, bords tantôt plus ronds, tantôt plus incisifs. La forme de l'engin, sa longueur, sa largeur, son épaisseur sont élaborées en fonction du gabarit du surfeur et du type de vagues. Aujourd'hui, un bon surfeur possède plusieurs planches, parmi lesquelles il choisit celle qui convient le mieux à la taille des vagues. A mesure que la houle grossit, le surfeur doit se munir d'une planche chaque fois un peu plus grande, pour conserver une vitesse d'élan compatible avec celle, plus rapide, des grosses vagues. Ainsi pour des vagues de 3 m, le surfeur s'équipe d'une planche de 2,30 m, de 2,70 m pour des vagues de 4 m, de plus de 3 m pour des vagues de 6 m...

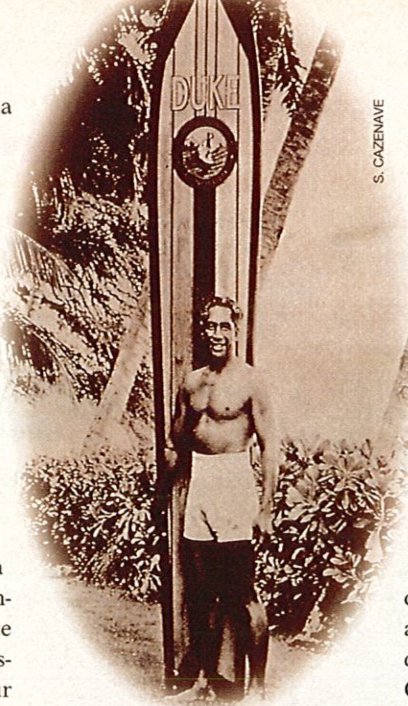
Les surfeurs experts des très grosses vagues, les *"big wave riders"* – une vingtaine dans le monde –, se sont ainsi rendu compte qu'ils ne pouvaient s'élancer assez vite pour prendre une vague de

plus de 7 m, quelles que soient la longueur et la forme de leur planche. Ils sont immanquablement en retard par rapport à la vitesse de la vague, qui, bien que freinée par le haut fond, atteint alors 40 km/h.

L'INSTANT DU DÉPART

En se cambrant et en déferlant, toute vague projette en avant le tiers supérieur de sa face. Cette partie de la vague devient ce que les surfeurs appellent la "lèvre". Plus une vague arrive vite, plus la projection de sa crête, en lèvre épaisse et tranchante, sera puissante et plus sa pente sera concave. Pour parvenir à descendre dans la vague, le surfeur doit donc franchir le premier tiers supérieur de la face avant que celui-ci ne se transforme en lèvre, sinon, c'est la chute. Aussi, plus la vague est creuse et grosse, plus le départ exige une grande technique. Ce qui n'empêche pas les meilleurs surfeurs mondiaux de faire des chutes spectaculaires à cause d'un départ trop tardif.

Si la vague ne dépasse pas 6 à 7 m, les *big wave riders* arrivent à acquérir assez de vitesse en ramant avec les bras pour parcourir la vague avant qu'elle ne creuse trop. Au-delà de cette taille, malgré toute leur audace, c'est matériellement impossible.



S. CAZENAVE

Duke Kahanamoku, le père des surfeurs

Dans les années 10, cet Hawaiien a fait découvrir le surf aux Californiens et aux Australiens. Nageur hors pair, il sera également plusieurs fois médaillé d'or aux Jeux olympiques.

Un homme, sa planche, la vague et... un scooter des mers

Au début des années 90, trois *big wave riders*, Darrick Doerner, Buzzy Kerbox et Laird Hamilton, décident, à Hawaii, de remédier au manque de vitesse lié aux limites humaines. Ils appliquent la technique du ski nautique en se faisant remorquer par un Zodiac. Finies la position allongée et la rame avec les bras. Tiré par une corde, debout sur sa planche, le surfeur se déplace à la vitesse du Zodiac, donc plus vite que la houle. Au moment de s'élancer, il la devance largement. Lorsqu'elle le prend dans son mouvement et qu'il lâche la corde pour glisser sur elle, le déferlement n'a même pas commencé. Le surfeur peut ainsi descendre le premier tiers de la pente bien avant que la vague projette sa lèvre.

Grâce à cette nouvelle technique, les trois *big wave riders* se trouvent à portée de la barre des 10 m. Commence alors la récente évolution historique du surf, illustrée dans le film *In God's Hands*.

Après ces premières tentatives de surf tracté par un Zodiac, Laird Hamilton et ses complices découvrent que le jet-ski – largement utilisé à Hawaii par les garde-côtes pour voler au secours des baigneurs et des surfeurs – est plus approprié que le bateau motorisé. Comme il sont tractés, ils prennent une vitesse d'élan suffisante et n'ont donc plus besoin d'une planche très longue, indispensable pour ramer vite. Déjà, l'exercice du surf dans les grosses vagues leur avait enseigné que leur planche de 3 m, si utile au départ, devenait encombrante quand ils voulaient manœuvrer. Comme leurs aînés à la fin des années 60, ils la raccourcissent de plusieurs dizaines de centimètres.

En outre, pratiquant la planche à voile dans les vagues, ils ont l'habitude d'avoir les pieds attelés à la planche par des *"footstraps"* (cale-pieds). Du coup, ils en équipent leur nouvel engin. Assurés de la vitesse du jet-ski et d'une bonne stabilité en position debout, ils modifient la forme de la planche : ils la font plus petite, plus étroite, plus effilée. Ils l'alourdissent pour gagner de l'aplomb dans la pente. Ainsi équipés, ils défient la vague de Jaws, monstre sacré des *big wave riders*, que jusqu'alors on ne "surfait" pas au-dessus de 4 m.

Laird Hamilton et ses compagnons n'ont pas droit à l'erreur. Quand ils manœuvrent sur une vague de plus de 10 m, la moindre chute peut entraîner la noyade. Car la violence des turbulences est telle que le surfeur, ballotté dans tous les sens, brûle son oxygène beaucoup plus vite que lors d'une apnée en eau calme. Au-delà de quarante secondes sous l'eau, tout *big wave rider*, si entraîné qu'il soit, connaît de sérieuses difficultés. Mais Jaws n'a encore englouti personne...

dossier

La sexualité est au cœur de la vie. Elle perpétue l'espèce humaine et lui donne des plaisirs. Ce phénomène infiniment complexe, où se mêlent la culture, l'éducation et la psychologie, est aussi gouverné par la physiologie. Les neurologues commencent à percer les secrets de son fonctionnement, avec l'espoir de guérir les déficiences sexuelles. Mais pourquoi la nature a-t-elle privilégié la sexualité ? Elle avait sans doute de bonnes raisons pour l'inventer. Des spécialistes de l'évolution s'efforcent de comprendre lesquelles.

Comment la science explique le sexe

BARNABY HALL/PHOTONICA

Pas simple, la sexualité humaine… La culture, l'éducation et la psychologie modèlent son épanouissement et ses aléas. Mais elle dépend aussi de mécanismes neurologiques complexes que les scientifiques tentent, non sans mal, d'élucider.

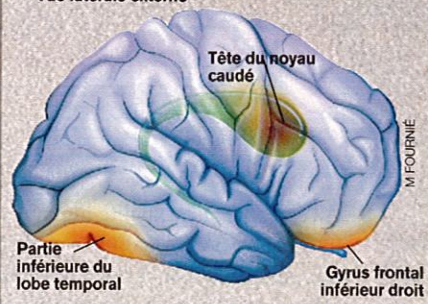
Depuis plusieurs mois, le monde entier salue la naissance de la petite pilule bleue qui restaure la virilité. Viagra marque le retour du "bonheur des hommes", du droit à la jouissance, à l'orgasme, à l'éjaculation, voire à la paternité naturelle. Il paraît même qu'elle favorise le "bonheur des dames"… Mais ce n'est qu'une rumeur.

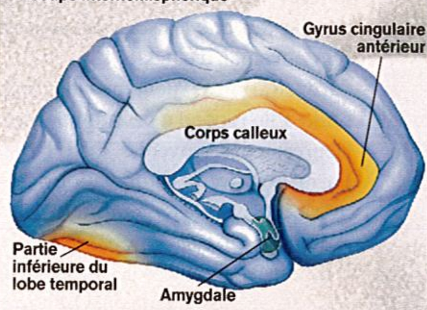
L'agent de ce "miracle" ? Une simple molécule qui, dès lors que s'exprime un désir sexuel, renforce la dilatation des artères du pénis, du clitoris et du vagin. Cette découverte fortuite arrive à point sur le "marché" de l'impuissance, affection qui touche probablement plus de 20 % des hommes (d'après l'enquête sur les comportements sexuels des Français menée par l'INSERM en 1993) et suscite des recherches très actives. Et les femmes? L'intérêt pour leur sexualité et pour les difficultés

Le sexe, comment

qu'elles peuvent rencontrer dans ce domaine est assez récent. La science se penche presque exclusivement sur la fonction sexuelle masculine et sur sa principale manifestation. Il est vrai qu'elle est indispensable à la reproduction des mammifères et présente l'avantage d'être directement mesurable.







LE SEXE DANS LA TÊTE

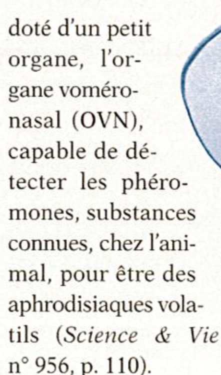
■ Quelles sont les structures cérébrales impliquées dans la naissance du désir sexuel ? Serge Stoléru (INSERM, hôpital Bicêtre, Paris) a comparé l'activité cérébrale d'hommes en train de regarder un film érotique avec leur activité devant un film émotionnellement neutre et devant un film comique. Il a découvert que l'excitation provoquée par un film érotique mobilise des zones spécifiques du cerveau. Certaines d'entre elles sont plus actives quand le taux de testostérone dans le sang est plus élevé. L'évaluation et l'interprétation du stimulus se dérouleraient dans la partie inférieure du lobe temporal, région qui correspond aux aires associatives visuelles. Plusieurs centres du cortex paralimbique sont activés. L'un d'eux, le gyrus cingulaire antérieur, joue aussi un rôle dans le contrôle de la sécrétion de certaines hormones et de nombreuses fonctions neurovégétatives. Enfin, l'activation du gyrus frontal inférieur droit et de la tête du noyau caudé droit pourrait être en relation avec le désir de s'engager soi-même dans une activité sexuelle. En va-t-il de même chez les femmes ? La question ne semble pas préoccuper les scientifiques.

BARNABY HALL/PHOTOCINA

Science et sexe

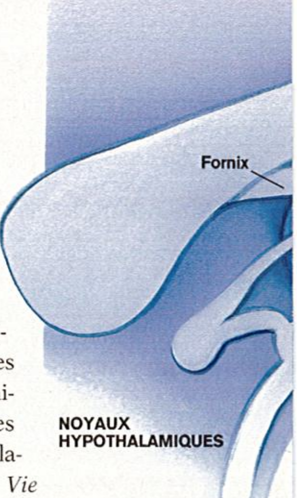
A l'évidence, la sexualité humaine, n'est pas simple. Son épanouissement et ses aléas sont fonctions de facteurs culturels, sociaux, éducatifs et psychologiques. En deçà de ces composantes, l'activité sexuelle relève de mécanismes neurologiques complexes, que les scientifiques tentent, non sans mal, d'élucider.

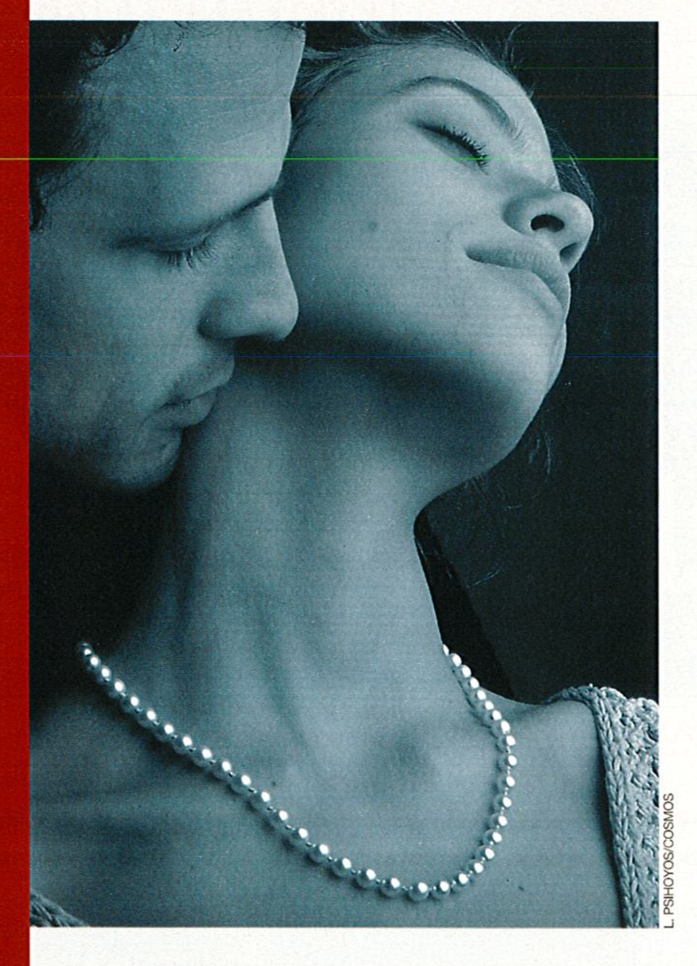
L'excitation sexuelle ne vient pas toute seule. Elle répond à des stimulations extérieures, à des souvenirs, à des fantasmes. Parmi ces diverses stimulations, les informations visuelles jouent un rôle important, mais elles ne sont pas les seules. Depuis plusieurs années, les neurologues ont observé que le système olfactif humain est doté d'un petit organe, l'organe voméronasal (OVN), capable de détecter les phéromones, substances connues, chez l'animal, pour être des aphrodisiaques volatils (*Science & Vie* n° 956, p. 110).



Mené par le bout du nez

L'homme a sur le plancher de la fosse nasale un petit organe nerveux, l'organe voméronasal, qui, chez l'animal, détecte les phéromones. Les femelles libèrent ces substances pour attirer les mâles. Cet organe est-il fonctionnel chez les humains ? Ce n'est pas démontré...



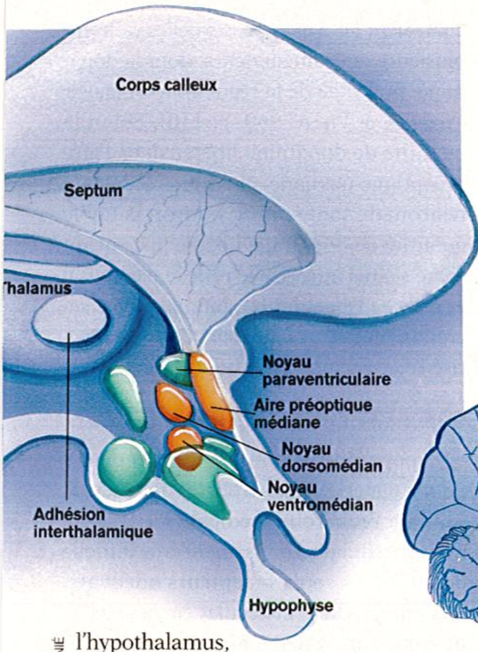


Officiellement, on ne connaît pas de phéromone humaine, mais on sait que les cellules de l'OVN réagissent à la sueur humaine. Quant aux voies nerveuses qui relieraient l'OVN au système nerveux central, elles sont encore méconnues. En fait, ce sujet mobilise plusieurs laboratoires liés à l'industrie des cosmétiques ou à l'armée. Leurs travaux sont protégés par le plus grand secret.

EROTIQUE EAU DE COLOGNE

Il n'empêche que le pouvoir des odeurs sur le comportement sexuel est avéré. On peut modifier le cycle menstruel en faisant respirer à des femmes de la sueur prélevée sur des femmes à un autre moment du cycle. D'autre part, les chercheurs du département de psychologie de l'université de l'Indiana (Etats-Unis) viennent de découvrir que les eaux de Cologne à forte composante "fougère fraîche" favorisent l'excitation des femmes à qui l'on demande d'évoquer un fantasme sexuel. Au cours de l'expérience, une sonde enregistrant l'afflux sanguin dans le vagin mesurait leur état d'excitation.

Que fait le cerveau de toutes les sensations visuelles, olfactives, tactiles ou imaginaires provoquées par l'objet du désir ? Il les fait converger vers l'hypothalamus (voir dessin ci-dessus). Cette structure complexe du cerveau, située dans le "plancher" du troisième ventricule, gouverne nos fonctions sexuelles. Dans la partie frontale de



M FOURNIÉ

l'hypothalamus, l'aire préoptique médiane (qui n'a rien à voir avec le système optique) joue un rôle déterminant dans le comportement mâle.

Quand elle est détruite – accidentellement chez l'homme ou expérimentalement chez l'animal –, la copulation devient impossible. Mais, curieusement, le désir reste intact. Ainsi, des singes opérés continuent de se masturber ou présentent des comportements femelles si on leur injecte des œstrogènes.

Jean-Didier Vincent (CNRS, Gif-sur-Yvette, Essonne) explique que cette aire préoptique médiane contrôle le seuil d'activation du comportement sexuel (1). Elle est en contact avec le système olfactif et avec le cortex à travers l'amygdale, sorte de relais vers lequel converge l'ensemble des données sensorielles. Par un jeu subtil d'interactions électrochimiques, le désir sexuel modifie l'activité de l'aire préoptique médiane, laquelle est modulée par les variations du taux d'hormones sexuelles. Chez les mâles castrés, la réduction du désir et le blocage des comportements sexuels s'accompagnent d'une baisse de l'activité électrique de cette aire. Mais, dès qu'on y injecte un peu de testostérone, l'animal retrouve ses fonctions sexuelles

(1) *La Chair et le diable*, Odile Jacob.

PHYSIOLOGIE

LE CENTRE DE CONTRÔLE DU SEXE

■ Les noyaux de l'hypothalamus (voir dessin ci-contre) règnent sur les fonctions sexuelles. Ils reçoivent les stimuli sensoriels ou leur évocation fantasmatique. L'aire préoptique médiane contrôle le seuil d'activation du comportement sexuel mâle. Son activité est régulée par le désir et par les variations du taux d'hormones sexuelles. Cette aire est notamment connectée au noyau dorsomédian, qui, lui, contrôle le déclenchement de l'éjaculation. Ce noyau est également relié aux aires motrices qui commandent la gestuelle du coït. Non loin de là, le noyau ventromédian joue un rôle déterminant dans l'érection et, probablement, dans le comportement sexuel féminin. Quand l'aire préoptique médiane et les noyaux ventromédians sont détruits, l'activité sexuelle et le désir disparaissent.

Fragrances ensorceleuses

Ces parfums pour homme contiennent tous une note "fougère fraîche". D'après une récente étude menée à l'université de l'Indiana, cette senteur favoriserait l'excitation sexuelle des femmes.



J. FEINE

Science et sexe

Les nerfs du sexe

La neurologie de l'acte sexuel est très similaire chez l'homme et chez la femme. Les nerfs parasympathiques déclenchent l'érection en sécrétant du monoxyde d'azote au voisinage des cellules des muscles lisses du pénis et des vaisseaux sanguins qui l'irriguent. Chez la femme, ils provoquent l'érection du clitoris et la transsudation du plasma dans le vagin. A l'inverse, les nerfs sympathiques inhibent ces phénomènes, mais déclenchent l'éjaculation et les contractions de l'utérus. Ces deux systèmes interagissent et communiquent avec le système nerveux central. Ils sont mis en jeu à la fois de façon réflexe, par stimulation du nerf "honteux", et de façon "psychogénique", c'est-à-dire par l'excitation sexuelle cérébrale et par les fantasmes.

intactes. En outre, l'aire préoptique médiane est connectée au noyau dorsomédian de l'hypothalamus, qui intervient dans le déclenchement de l'éjaculation et est relié aux aires motrices qui commandent la gestuelle du coït.

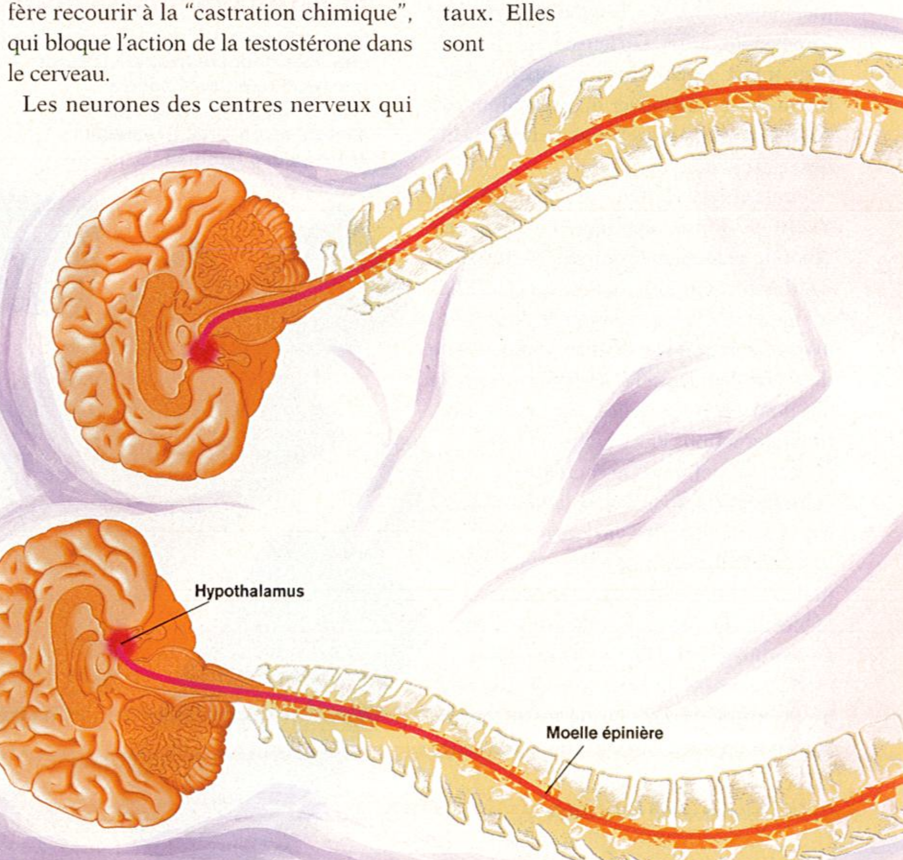
Juste à côté de l'aire préoptique médiane, le noyau ventromédian joue un rôle déterminant dans l'érection et dans le comportement sexuel des femelles. L'implantation d'hormones femelles dans le noyau ventromédian de rats castrés leur fait adopter une posture sexuelle femelle et l'acceptation de partenaires mâles.

Ce qui est vrai pour le rat l'est-il pour l'homme? On sait simplement que quand l'aire préoptique médiane et les noyaux ventromédians sont détruits il n'y a plus ni désir ni acte sexuel. C'est le sort des criminels qui ont été ainsi "soignés" de leur perversion sexuelle. Aujourd'hui, on préfère recourir à la "castration chimique", qui bloque l'action de la testostérone dans le cerveau.

Les neurones des centres nerveux qui contrôlent les fonctions sexuelles utilisent plusieurs neuromédiateurs, dont la dopamine, molécule de la régulation du plaisir (*Science & Vie* n° 960, p. 110). Selon la quantité de dopamine libérée dans l'aire préoptique médiane, plusieurs récepteurs neuronaux sont stimulés. Ainsi, la faible quantité de dopamine libérée juste avant l'acte sexuel autorise le réflexe d'érection et retarde l'éjaculation, tandis qu'une sécrétion plus élevée au cours de l'acte favorise l'éjaculation et inhibe l'érection.

COMMENT CIBLER LES RÉCEPTEURS ?

Ne pourrait-on agir sur ces récepteurs pour soigner certains troubles de la sexualité ? La recherche médicale s'y efforce, mais il est malheureusement très difficile de cibler les seuls récepteurs adéquats. Quantité d'autres molécules émises par les neurones du système nerveux central interviennent dans la régulation de l'acte sexuel. Certaines d'entre elles, comme l'ocytocine, la noradrénaline et la sérotonine, participent directement à la commande des organes génitaux. Elles sont



donc au cœur des recherches pharmacologiques les plus avancées.

Tout cela, c'est dans la tête. Mais que se passe-t-il plus bas, au-dessous de la ceinture? La neurologie a beaucoup progressé dans l'exploration des voies nerveuses qui relient l'hypothalamus aux organes génitaux, *via* la moelle épinière. Deux types de nerfs interviennent dans l'érection : les nerfs parasympathiques et les nerfs sympathiques. Les premiers participent à la conservation de l'énergie, au maintien des fonctions de l'organisme pendant les périodes de faible activité. Leur action s'exerce organe par organe. Les seconds adaptent le corps aux changements extérieurs, notamment dans les situations de stress. Leur action s'applique à tout l'organisme.

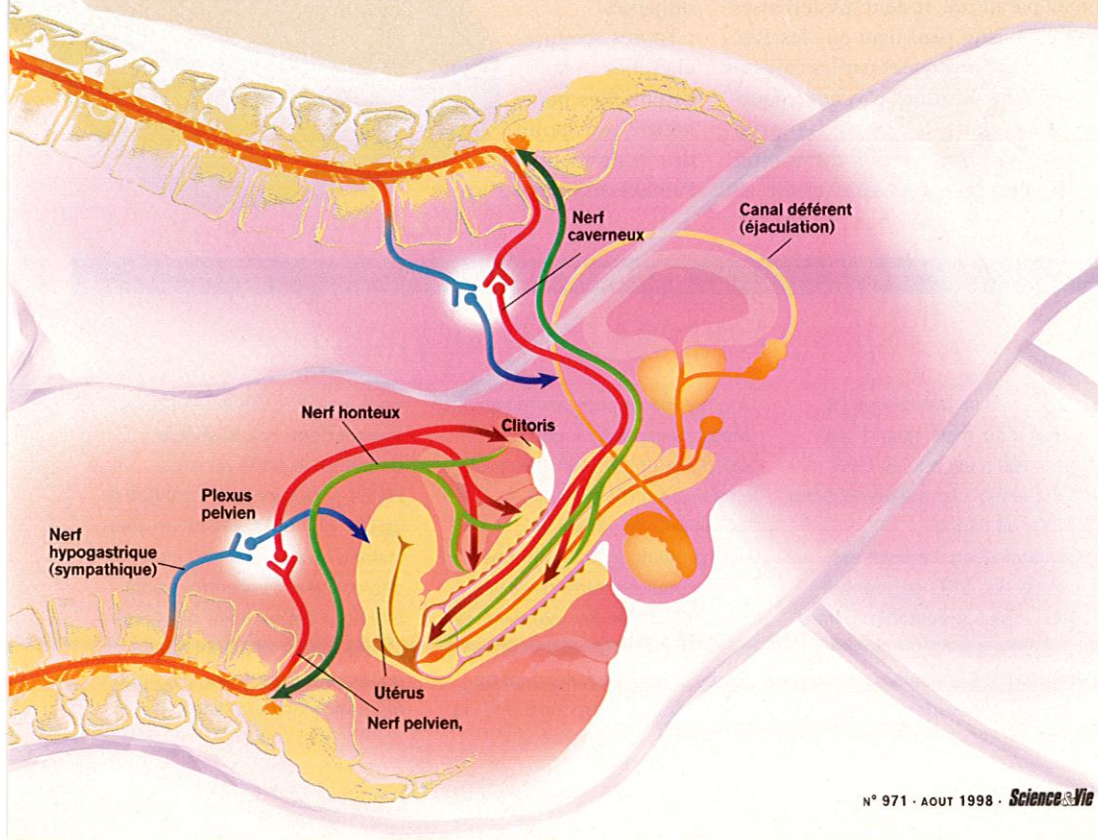
Schématiquement, les nerfs parasympathiques déclenchent l'érection en sécrétant

ORGASME

LES RESSEMBLANCES HOMME-FEMME

■ « Il y a d'étonnantes similitudes entre les hommes et les femmes, notamment en ce qui concerne l'orgasme », dit Kevin McKenna (Northwestern University, Chicago). Les contractions des muscles striés du périnée montrent la même fréquence élevée et un intervalle croissant entre les contractions. L'augmentation de la pression sanguine, l'accélération du rythme cardiaque et de la respiration sont identiques. Dans la phase d'excitation, les deux sexes connaissent la même élévation dans le sang du taux d'ocytocine, molécule qui participe autant à l'érection du pénis qu'à celle du clitoris et à l'afflux sanguin dans les parois du vagin. En outre, bien que les organes sexuels féminins présentent une moindre innervation, il ne semble pas qu'il y ait des différences de fonctionnement. Dans le cerveau, la stimulation de l'aire préoptique médiane suscite une réponse sexuelle chez les deux sexes. Mais, n'en déplaise à Kevin McKenna, il subsiste quelques dissemblances majeures, tant anatomiques que psychiques, qui font notre bonheur à tous.

S. DESSERT



du monoxyde d'azote au voisinage des cellules des muscles lisses du pénis et des vaisseaux sanguins qui l'irriguent. Cela déclenche un relâchement musculaire, donc une dilatation qui permet l'afflux sanguin.

VOIE DE SECOURS DE L'ÉRECTION

A l'inverse, les nerfs sympathiques inhibent l'érection, mais déclenchent aussi l'éjaculation. Ces deux systèmes interagissent et communiquent avec le système nerveux central. Ils sont mis en jeu à la fois de façon réflexe, par exemple à partir de stimulations génitales, et de façon "psychogénique", par exemple par les fantasmes. Chez des accidentés de la route dont la moelle épinière a été sectionnée au-dessus de ces nerfs, on n'observe pratiquement plus d'érection provoquée par le désir, mais les attouchements du pénis la déclenchent toujours. D'autres érections, celles qui surviennent pendant le sommeil paradoxal, restent mystérieuses.

Les spécialistes pensaient que les érections réflexes provoquées par les caresses génitales et les érections psychogéniques, commandées par le cerveau, empruntaient des voies nerveuses différentes. Mais Benjamin Sachs (université du Connecticut, Etats-Unis) a remarqué que, si des nerfs réputés indispensables à l'érection psychogénique sont sectionnés, il est encore possible de susciter une érection sans stimulation tactile.

On se demande aussi pourquoi les érections ne disparaissent pas définitivement quand les nerfs parasympathiques sont sectionnés. Existerait-il une "voie de secours" qui ne s'ouvrirait que si la voie normale est détruite ? Des voies nerveuses pourraient-elles être tenues à la fois pour parasympathiques et sympathiques ? Ou bien le système sympathique est-il lui-même capable de déclencher l'érection ?

Benjamin Sachs et ses collègues français Olivier Rampin, Jacques Bernabé (INRA) et François Giuliano (INSERM) cherchent la réponse. Chez les paraplégiques dont la moelle épinière sacrée – d'où partent les nerfs parasympathiques – est entièrement détruite, l'observation d'érections psychogéniques suggère bien l'existence d'une autre voie de l'érection. Le système nerveux serait doué d'une certaine plasticité qui lui permettrait de suppléer à des connexions disparues.

Toutes ces recherches sont essentielles pour mettre au point des traitements de l'impuissance, en particulier



COSMOS

RECHERCHE

SIDA : FERMER LA PORTE AU VIRUS ?

■ La science se préoccupe de l'impuissance, mais, quand "ça" marche, elle n'est pas au bout de ses peines. Car qui dit relations sexuelles dit risque de contamination. Le sujet est d'actualité, les MST gagnent du terrain. La plus redoutable d'entre elles, le sida, est-elle en passe d'être maîtrisée grâce aux dernières découvertes sur le VIH? Une équipe de l'université Harvard (Massachusetts), dirigée par Joseph Sodroski, vient de révéler le talon d'Achille du virus. La très grande variabilité de la protéine gp120, dont se sert le virus pour pénétrer dans les cellules qu'il infecte, interdisait la mise au point d'un vaccin efficace. Or, les chercheurs viennent de repérer une portion constante de cette protéine. En la neutralisant, il serait donc envisageable de fermer la porte au virus. Hélas, la portion constante de la gp120 ne se dévoile qu'un court instant, au moment de l'infection des cellules. Parviendra-t-on à atteindre cette cible ? Nul n'ose se prononcer, d'autant moins qu'aucune expérience n'a encore été tentée dans ce sens.



M. DURAZZO/ANA

Le grand marché de l'impuissance

D'ici à vingt ans, la population occidentale âgée de plus de 65 ans aura augmenté de près de 50 %. Le vieillissement biologique étant assez souvent accompagné d'une baisse de la vigueur des érections, des médicaments tels que le Viagra sont assurés de débouchés commerciaux considérables.

chez les blessés de la moelle épinière. Dans ce domaine, le Viagra représente une avancée considérable, puisqu'il est administré par voie orale, qu'il favorise l'érection psychogénique et ne se contente pas, comme les autres remèdes commercialisés, de susciter une érection artificielle. Cependant, les paraplégiques parviennent rarement à l'éjaculation et à l'orgasme.

LA FRANCE À LA TRAÎNE

Plusieurs autres traitements sont à l'essai. Les uns visent à compenser la raréfaction de neurotransmetteurs tels que la dopamine, l'ocytocine ou la noradrénaline qui se manifeste dans les situations de stress ou de troubles psychiques. D'autres tentent de restaurer les sécrétions de neuromédiateurs au niveau local, par exemple en implantant une pompe sous-cutanée.

Plus futuriste : la thérapie génique. Elle pourrait augmenter la faculté du tissu érectile de réagir au monoxyde d'azote sécrété par les fibres nerveuses. Elle faciliterait aussi la communication entre les cellules de ces tissus quand ils sont altérés par l'âge ou par une maladie comme le diabète. Les expériences d'Alain Privat (INSERM, Montpellier) ont montré que des greffes de neurones pourraient rétablir une partie des fonctions sexuelles. Avec ses collaborateurs, il a restauré l'aptitude à éjaculer de rats paraplégiques en greffant des neurones à sérotonine sous la lésion de leur moelle épinière.

L'intérêt de ces recherches est d'autant plus grand qu'en 2020 le nombre de personnes âgées de plus de 65 ans dans la population occidentale aura augmenté de près de 50 % par rapport à aujourd'hui. Les Etats-Unis, la Grande-Bretagne et les Pays-Bas ont saisi leur importance, mais il semblerait que la France reste à la traîne. Dépendra-t-on de la science anglo-saxonne ou nordique pour sauvegarder notre réputation de "French lovers" ? ■

dossier

Science et sexe

Le sexe, à quoi ça sert?

Pourquoi l'évolution a-t-elle privilégié la voie de la reproduction sexuée, alors qu'elle disposait d'un autre moyen? L'attrait sexuel aurait-il des causes génétiques? D'étonnantes expériences semblent indiquer que l'ADN joue un rôle non négligeable dans le choix du partenaire.

Par quel mystère une femme est-elle attirée par cet homme-ci plutôt que par celui-là? Et lui, pourquoi la préfère-t-il à sa voisine? Sa conversation est intelligente, elle a de beaux yeux... Il affiche un large sourire, il aime la littérature... Certainement. Mais ces possibles amants seraient aussi menés à leur insu par le bout du nez : chacun enivre l'autre par l'odeur de son ADN, de son patrimoine génétique. C'est ce que suggère une étude du biologiste Claus Wedekind, de l'université de Berne (Suisse).

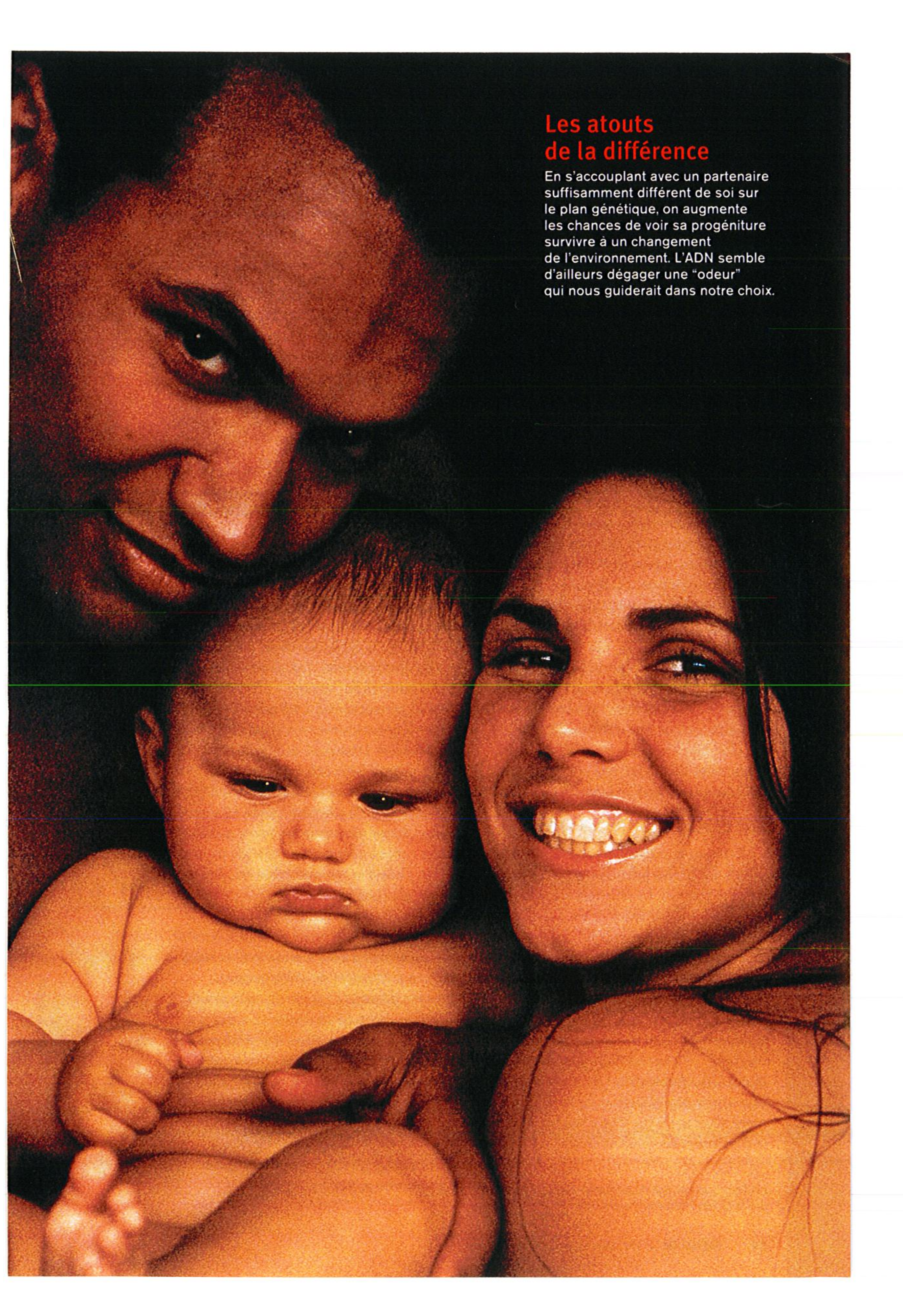
Pour parvenir à cette conclusion, le chercheur a proposé à six personnes de porter un tee-shirt en coton pendant deux nuits consécutives, dans un environnement odorant le plus neutre possible : ni tabac, ni alcool, ni parfum... et surtout pas de partenaire au lit. Le jour suivant, plus de cent hommes et femmes se sont isolés pour renifler ces vêtements et les classer par ordre de préférence. Tous se sont soumis cinq fois à l'expérience, qui a régulièrement suscité les mêmes résultats : plus le complexe majeur d'histocompatibilité (CMH) – un groupe de gènes capital pour le système immunitaire – de l'"émetteur" différait de celui du "receveur", plus agréable était l'odeur du tee-shirt.

Ainsi, par un mécanisme aujourd'hui inconnu, nous serions capables de sentir les infimes variations génétiques qui distinguent les êtres humains. Plus surprenant encore, cette faculté jouerait vraiment un rôle dans le choix d'un partenaire. Carole Ober et ses collaborateurs, du centre de génétique médicale de l'université de Chicago, ont étudié le CMH de quatre cent onze couples d'Américains. Conclusion : deux véritables conjoints sont génétiquement plus différents que s'ils s'étaient associés au hasard. L'"odeur de l'ADN" serait donc l'un des ingrédients du cocktail amoureux. Quant à l'amour, ce ne serait rien d'autre qu'un subterfuge sélectionné par l'évolution pour que notre sexualité soit "utile"...

95 % DES ESPÈCES S'ADONNENT À LA SEXUALITÉ

Mais à quoi peut-elle bien servir? Pourquoi faut-il être deux pour faire des bébés? « Si la nature préfère le sexe, c'est qu'il est source de diversité génétique », répondent en chœur les biologistes. En effet, de la fabrication des gamètes (les spermatozoïdes

FOTOGRAM-STONE/P. CORREZ



Les atouts de la différence

En s'accouplant avec un partenaire suffisamment différent de soi sur le plan génétique, on augmente les chances de voir sa progéniture survivre à un changement de l'environnement. L'ADN semble d'ailleurs dégager une "odeur" qui nous guiderait dans notre choix.

et les ovules) à leur fusion (la fécondation), tout semble être mis en œuvre pour l'invention de combinaisons génétiques originales (voir encadré ci-contre).

Pourtant, si les individus se reproduisent, c'est pour assurer leur survie, ou plus exactement la survie de leur patrimoine génétique à travers leur descendance. Dans cette optique, la reproduction sexuée, formidable outil du brassage génétique, n'est donc pas le mécanisme adéquat. La parthénogenèse, c'est-à-dire le clonage, est bien plus performante : les espèces végétales et animales qui l'utilisent prolifèrent plus rapidement, tout en préservant au maximum leur génome.

Cependant, si plus de 95 % des espèces vivantes s'adonnent à la sexualité, elle doit bien présenter un avantage évolutif. Ce mécanisme de reproduction est en effet la principale règle du "jeu des possibles" (1), auquel s'amuse l'évolution depuis l'apparition de la vie. En renouvelant sans cesse la palette des combinaisons génétiques, la sexualité permet aux individus de s'adapter plus vite à un changement de l'environnement. Car la terrible sélection naturelle dispose alors d'un large choix.

UNE DESCENDANCE MIEUX ARMÉE?

« Croissez et multipliez, que le plus fort vive et que le plus faible meure », résumait Charles Darwin. Le plus fort signifiant le mieux adapté (ce qui n'a rien à voir avec la force...), c'est-à-dire celui qui survivra dans son environnement et pourra se reproduire, gagnant ainsi son billet pour rejouer à la grande loterie génétique.

En s'accouplant avec un individu suffisamment différent de soi, on crée plus de diversité, on engendre donc une descendance susceptible d'être mieux adaptée à une future modification de l'environnement. C'est ainsi que Claus Wedekind tente d'expliquer les résultats de son expérience. La nature aurait donc préféré le sexe pour aider les espèces à surmonter des difficultés futures. Dans ce sens, l'évolution serait une grande dame très prévoyante, qui imagine à l'avance la possibilité de catastrophes climatiques lointaines... Ce n'est évidemment pas le cas.

En outre, les périodes de stabilité environnementale s'étalent sur un grand nombre de générations. Dans ce calme apparent, la sexualité, qui est un moyen de reproduction plus lent et plus coûteux que la parthénogenèse, n'offre aucun atout. Comment s'est-elle donc maintenue?

Selon Pierre-Henri Gouyon, directeur du laboratoire

(1) Titre d'un ouvrage du biologiste François Jacob, prix Nobel de médecine, Fayard, 1981.

GÉNÉTIQUE

LA MACHINE À DIVERSIFIER



Dès la fabrication des gamètes (les spermatozoïdes et les ovules), la sexualité est source de variabilité génétique. Les cellules ❶ à l'origine de la lignée germinale contiennent deux jeux de chromosomes : l'un paternel (en vert) et l'autre maternel (en orange) – ci-contre, une seule paire de chromosomes a été représentée. Chacun des deux chromosomes est dupliqué ❷. Puis ils s'apparient et échangent du matériel génétique ❸. La première division cellulaire intervient ❹. Le génome des deux cellules filles ❺ est déjà différent de celui de la première cellule. Une seconde division donne naissance aux futurs gamètes ❻, quatre cellules contenant un seul jeu de chromosomes. Quand le spermatozoïde fécondera l'ovule, leurs patrimoines génétiques s'associeront pour donner un génome à deux jeux de chromosomes. La diversité obtenue est en fait bien supérieure à celle représentée ici puisque l'homme a 23 paires de chromosomes.
La loterie génétique (dessin du haut) ajoute encore un degré de variabilité. Lors des divisions cellulaires, le contenu des cellules sexuelles dépend du brassage des chromosomes : pour chaque paire, l'un des deux est transmis au hasard. Avec trois paires ❼, il y a huit possibilités. Pour l'homme, il y en a plus de 8 millions. Il est impossible de trouver deux individus génétiquement identiques (sauf ceux issus d'un même œuf).



DESSINS D. GALLAND

Ecologie, systématique et évolution du CNRS, à Orsay, « il faut que ce mode de reproduction procure un avantage à court terme ». En le cherchant, les scientifiques sont tombés sur une multitude de cas particuliers, qui n'ont souvent rien à voir avec l'essence même de la sexualité, c'est-à-dire le brassage génétique. Par exemple, les plantes qui se reproduisent par bouturage font du "sur place" dans l'espace. Alors que celles qui ont opté pour la sexualité colonisent de nouveaux milieux en fabriquant des graines ou des spores qui voyagent sur les ailes du vent ou des insectes. La reproduction sexuée confère donc un avantage immédiat à ces espèces.

Dans le règne animal, le cas des pucerons est particulièrement intéressant : ils peuvent se reproduire à la fois par voie asexuée et sexuée. Mais seul ce dernier mode leur permet d'engendrer des œufs, une forme qui résiste au froid. Selon Pierre-Henri Gouyon, « sous peine de disparaître, les pucerons des milieux tempérés sont obligés, une fois par an, à l'automne, de passer par le sexe », la résistance au froid étant sans rapport avec la création de variabilité génétique.

Mais qu'en est-il pour l'espèce humaine? Chez les mammifères, la sexualité ne semble pas offrir d'atout particulier à court terme. Elle serait plutôt le résultat d'une contrainte très forte : les mammifères sont naturellement incapables de se multiplier autrement. Toutes les tentatives artificielles de parthénogenèse ont échoué. Quand, chez la souris, on fabrique un œuf à partir du contenu génétique de deux spermatozoïdes – on parle d'androgénote – il est boulimique : l'œuf ne pense qu'à attirer à lui les ressources énergétiques de sa mère et "oublie" de se développer. Dans le cas d'un gynogénote – œuf construit à partir de deux génomes d'origine maternelle –, c'est le contraire : il est anorexique. Comme il "oublie" de manger, il ne se développe pas non plus.


A. HART-DAVIS/SPL/COSMOS

Les avantages du sexe

Sans le sexe, les plantes n'engendreraient ni les spores ni le pollen qui leur permettent de coloniser de nouveaux milieux. C'est également grâce à la sexualité que les pucerons se perpétuent, car elle leur permet de pondre des œufs qui résistent au froid de l'hiver, saison où tous les pucerons meurent. La sexualité a bien d'autres avantages que le brassage génétique.

J. BURGESS/SPL/COSMOS

Pour atteindre un équilibre et créer un descendant viable, il faut obligatoirement qu'un génome d'origine mâle se mélange à un génome d'origine femelle. Les chromosomes se souviendraient-ils donc de leur origine parentale? Azim Surani, de l'Institut de physiologie animale de Cambridge (Massachusetts, Etats-Unis), nomme cette mémoire l'"empreinte génomique" : selon qu'ils viennent du père ou de la mère, les chromosomes sont marqués différemment. Dans le patrimoine génétique des spermatozoïdes, les gènes qui "attirent les ressources" seraient méthylés (addition d'un groupement méthyl, $-CH_3$).

DE L'INTÉRÊT D'UNE FAMILLE UNIE

Pour Pierre-Henri Gouyon, « l'explication de ce phénomène réside dans le fait que le père ne s'intéresse qu'au développement et à la survie de son descendant ». Si, après la naissance, la femelle meurt, le père en trouvera une autre pour assurer la transmission de son patrimoine génétique. Voilà pourquoi les gènes mâles attirent à eux toutes les ressources. Un phénomène compensé par l'"anorexie" du génome de l'ovule.

Car, dans la majorité des espèces, c'est la mère qui régule l'allocation de l'énergie : pour son petit, pour les prochains et pour elle-même. La reproduction lui coûte en effet très cher. Et elle ne peut procréer qu'une fois par an, à l'inverse du mâle, qui, s'il rencontre suffisamment de femelles "coopératrices", se multipliera des centaines de fois dans l'année. Ainsi, selon les psychologues évolutionnistes, chaque nouvelle partenaire offrirait à l'homme une sérieuse chance de "placer quelques gènes supplémentaires" dans la génération suivante.

Dans ce cas, pourquoi les hommes ne se précipitent-ils pas systématiquement sur toutes les femmes qu'ils croisent? Et, surtout, pourquoi n'abandonnent-ils pas régulièrement femme et enfants? Dans l'espèce humaine, outre la prépondérance

des liens socioculturels, l'"investissement parental mâle", c'est-à-dire l'amour des pères pour leurs enfants, est très élevé. La vulnérabilité des rejetons, incapables de se débrouiller seuls pendant plusieurs années, serait la cause principale de cet attachement.

En fondant une famille unie, le mâle assure donc la survie de ses descendants. Mais ce comportement ne l'empêche pas de tenter sa chance ailleurs... En effet, l'accouplement extra-conjugal ne lui coûte guère, ni en temps ni en ressources. Il aurait même quelque chose à y gagner : ses rejetons survivront peut-être sans qu'il ait à s'en occuper. C'est ainsi que les évolutionnistes expliquent l'infidélité masculine.

AU RYTHME DES SAISONS

Mais, si le mâle n'hésite pas à répandre ses gènes, il est absolument hors de question qu'il s'investisse dans une progéniture qui n'est pas la sienne. En ce qui concerne les hommes, la culture a sensiblement modifié ce schéma, largement contredit par le comportement des parents adoptifs ou des familles recomposées.

Pourtant, en 1992, une surprenante expérience du biologiste américain David Buss suggérait que nous conservons la trace de ce passé. Ayant placé des électrodes sur plusieurs hommes et plusieurs femmes, le chercheur leur a demandé d'imaginer leur partenaire en pleine action. Résultat : quand les hommes envisagent l'infidélité sexuelle de leur compagne, leur rythme cardiaque fait des bonds, alors que, dans la même situation, celui des femmes reste constant.

A l'inverse, quand les hommes imaginent seulement un attachement sentimental entre leur femme et un "concurrent", ils gardent leur calme, tandis que l'infidélité sentimentale bouleverse la physiologie des femmes. Elles peuvent en effet supposer que ce nouvel amour détournera le père de leurs enfants, ce qui restreindra leurs chances de survie.

Pour prévenir cet abandon, une femme recherche chez un homme non seulement de bons gènes, qui lui donneront de beaux enfants, mais aussi un solide engagement à long terme. Hélas, l'élu ne réunit pas toujours ces précieux atouts. Qu'à cela ne tienne, il y a une autre solution : accepter les "bons gènes" d'un homme et faire croire à un partenaire dévoué que la progéniture qu'il élève est la sienne.

En outre, les femmes seraient sexuellement plus actives en période d'ovulation. Les Américains Robin Baker et Mark Bellis ont d'ailleurs montré que les femmes qui trompent leur compagnon le font plutôt à ce moment de leur cycle. Deux autres études suggéreraient même que les femmes qui sortent en célibataire portent davantage de bijoux et de maquillage quand l'ovulation approche.

Ainsi, l'activité sexuelle des humains varierait suivant des rythmes. Elle changerait aussi au cours de l'année, comme celle des autres mammifères, chez qui les rythmes hormonaux déterminent la saison des amours. En fonction de la durée de gestation de l'espèce, les animaux s'accouplent plus ou moins tôt dans l'année, de manière que les jeunes voient le jour au printemps, période la plus favorable. Les rythmes de reproduction sont très marqués dans les espèces sauvages, plus atténués chez les animaux domestiques et à peine perceptibles chez les hommes.

Pourtant, Alain Reinberg, du laboratoire de chronobiologie du CNRS (Paris), affirme que « les hommes ont une activité sexuelle maximale à la fin de l'été et au début de l'automne ». Plusieurs mesures et observations, telles que le dosage

Simulacre

La sexualité, mélange de deux patrimoines génétiques distincts, aurait vu le jour avec la vie. Les espèces qui se perpétuent sans sexualité l'auraient perdue au cours de leur évolution. Ainsi, *Cnemidophorus uniparens*, une espèce de lézards qui ne comprend que des femelles, se reproduit à partir de deux de ses cellules sexuelles, sans fécondation. Pourtant, ces lézards effectuent toujours un simulacre d'accouplement, vestige de l'évolution.

D. CREWS


GABO/FOCUS/COSMOS

de la testostérone, la production et la mobilité des spermatozoïdes, le taux de réussite des fécondations *in vitro*, le rythme des naissances, etc., convergent en effet dans ce sens.

Mais Bernard Jégou, directeur du groupe d'étude de la reproduction chez le mâle (INSERM, Rennes), souligne le caractère incertain de ces observations. « Avec la contraception, la courbe des naissances n'est pas significative. De plus, chez l'homme, l'influence de la testostérone sur la libido est modulée par le psychisme et la culture. Les humains ne sont pas les esclaves de leurs hormones. »

LE DÉSIR MENACÉ PAR LA CONTRACEPTION

« La parole a profondément modifié l'écologie humaine », ajoute Boris Cyrulnik, responsable d'un groupe de recherche en éthologie clinique, à Toulon. « Les déterminants biologiques existent bien chez l'homme, mais il y échappe. Car son monde est sémantisé. Avant qu'apparaisse la parole chez les bébés, les objets sont déjà chargés de sens. Ainsi, chez l'homme, la représentation, le sens, déclenche des émotions bien plus fortes que l'excitation due à la seule vue des objets. C'est pourquoi l'homme est le seul animal capable d'échapper à la condition animale. »

Un choix féminin

En temps et en ressources, la reproduction coûte très cher à la femelle. Pour assurer la survie de son rejeton, il lui faudrait un mâle doté de "bons gènes" et d'un fort instinct de paternité. Voilà pourquoi c'est souvent elle qui choisit son partenaire…

Par la socialisation, les humains seraient-ils en train d'influer sur leur propre évolution ? L'expérience de Claus Wedekind le suggère : contrairement aux autres femmes, celles qui prennent la pilule n'ont pas de préférence pour les odeurs des hommes génétiquement éloignés d'elles. Elles préféreraient même ceux qui leur sont le plus proches.

Une observation qui va dans le sens des prédictions amusées de Pierre-Henri Gouyon : « L'évolution a sélectionné le désir pour favoriser la reproduction. Mais imaginons que le désir sexuel d'une femme s'appuie sur une certaine combinaison génétique, différente de celle qui détermine son désir d'enfant. Alors, la contraception, utilisée par celles qui n'ont qu'un désir sexuel, va contribuer à anéantir cette envie. L'espèce humaine risque de voir son appétit sexuel diminuer au profit de la reproduction, puisque seules les femmes qui souhaitent des enfants transmettront leurs gènes. »

Pour peu que la procréation médicalement assistée progresse et se généralise, le désir pourrait bien disparaître de la vie des hommes. Profitons-en avant qu'il soit trop tard… ■

Pour en savoir plus :
Pierre-Henri Gouyon, Jean-Pierre Henry, Jacques Arnould, *les Avatars du gène*, Belin.

reportage

L'activité foisonnante des récifs coralliens ne s'interrompt pas avec la nuit, bien au contraire. Quand les animaux diurnes ont pris congé, d'autres communautés investissent les lieux. Le corail s'épanouit en bouquets. La mer se métamorphose…

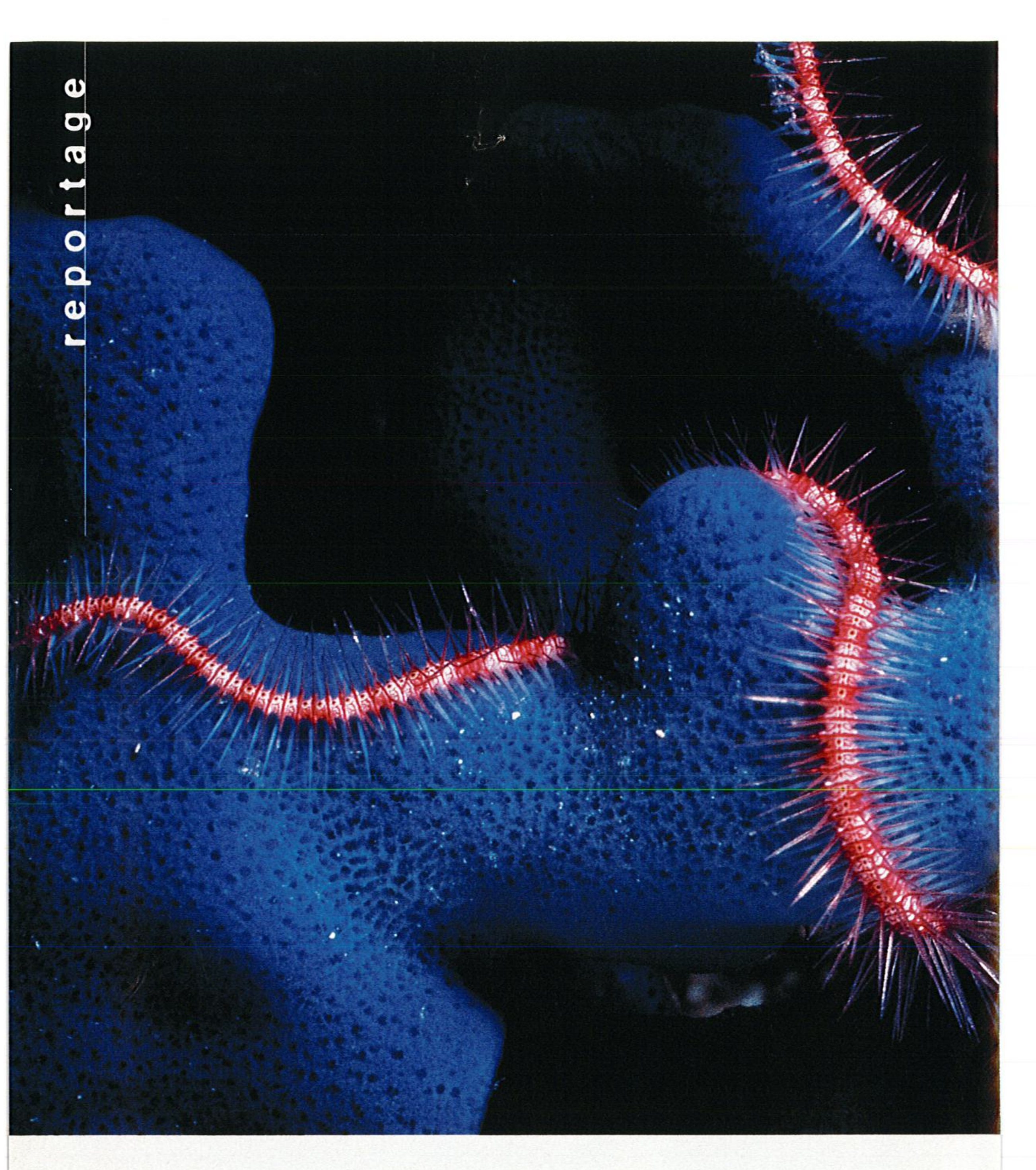
La nuit du

PAR ISABELLE BOURDIAL
PHOTOS JEFF ROTMAN

corail

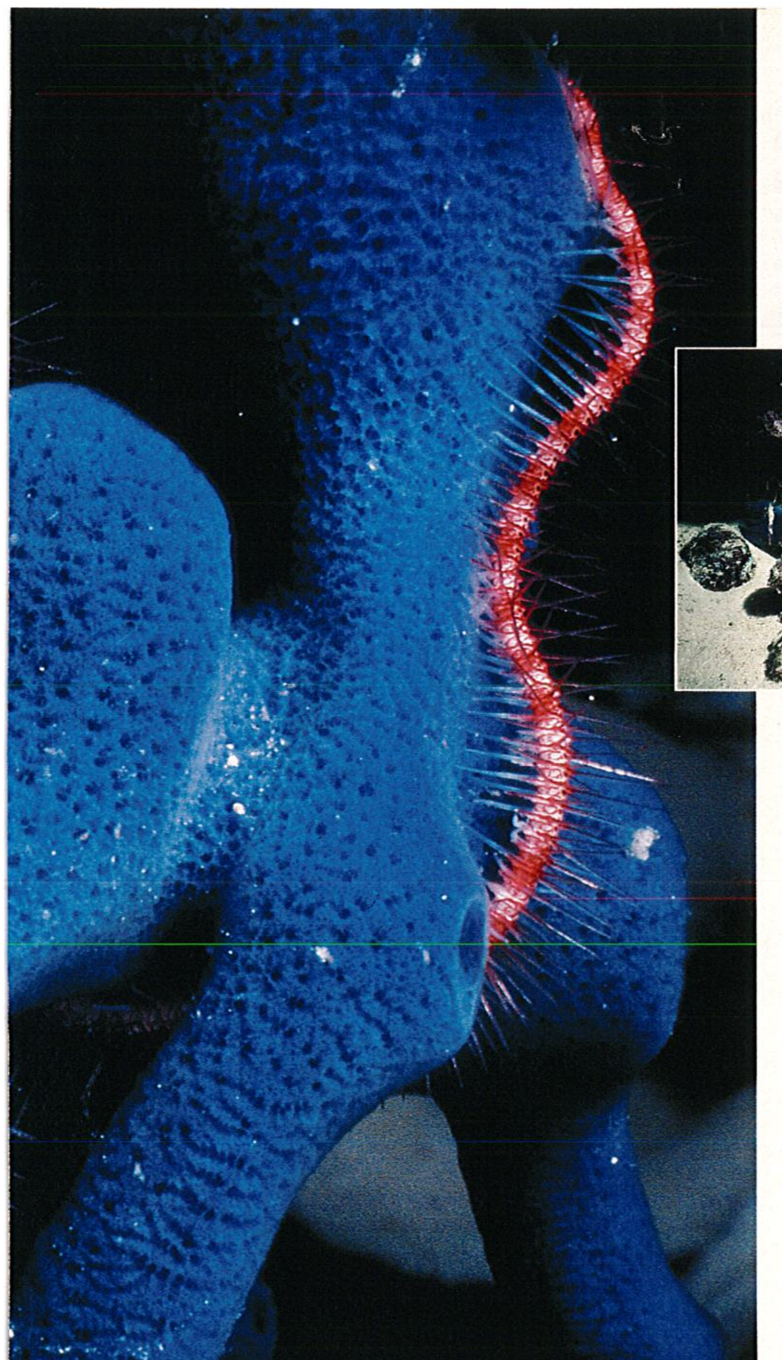
Invitation à souper

Une crevette a attendu l'obscurité pour s'aventurer hors des "jupons" de l'anémone de mer qui l'héberge. Unique bénéficiaire de cette relation appelée commensalisme, le crustacé s'apprête à déguster le mucus dont s'enveloppe l'urticante.



Le soleil est sur le point de disparaître à l'horizon. La lumière décline. Ce changement d'ambiance est perceptible aux abords du récif corallien du golfe d'Aqaba, en mer Rouge. Dans un poudroiement de couleurs, la foule des poissons diurnes virevolte une dernière fois autour des arborescences calcaires du récif. Les reflets orange d'un banc d'anthias *(Pseudanthias squamipinnis)* se ternissent imperceptiblement. A mesure que l'onde s'obscurcit, cette foule bigarrée s'éparpille si bien que, quelques minutes plus tard, plus une seule nageoire n'est en vue.

Jeff Rotman allume alors une lampe torche et s'approche lentement du récif. Le plongeur arme son appareil-photo. Il n'a pas à attendre longtemps. Quelques carangues rayées *(Caranx sexfasciatus)* se mettent en quête d'une proie. Ces poissons prédateurs, à la nageoire caudale largement échancrée, se déplacent généralement en banc. La nuit tombée, ils se séparent pour chasser.



Coquetterie d'éponge

Les bras de cette ophiure qui enlace une éponge ramifiée feraient la fierté d'un joaillier. Ces échinodermes proches des étoiles de mer sortent volontiers la nuit pour se nourrir ou se reproduire, à la différence du poisson-perroquet, qui sombre dans une torpeur profonde.

Rares sont les plongeurs qui connaissent la face cachée des récifs coralliens. Ils ne les imaginent actifs que baignant dans le bleu limpide des mers du Sud. Quand l'eau se fait noire comme l'encre, les deux tiers des hôtes du récif regagnent effectivement leurs pénates. Mais le tiers restant prend bel et bien possession des lieux. Un tout petit nombre (environ 10 %), pas franchement noctambule, s'autorise une sortie à l'aube et au crépuscule. Ainsi, le récif devient le théâtre de scènes qui se succèdent à chaque changement de lumière.

Juste après le coucher du Soleil, Jeff assiste à un étrange ballet. Une dizaine de poissons-chirurgiens s'élèvent dans une colonne d'eau. Parvenus au sommet, ils lâchent laitance et œufs en nuages opaques. Ce rituel reproducteur augmente les chances de survie de l'espèce. Féconder les œufs à la fin de la journée, c'est leur octroyer douze heures de survie avant le réveil des mangeurs de plancton qui nagent en pleine eau.

Au crépuscule, les poissons-chirurgiens et les poissons-anges au corps comprimé latéralement descendent en profondeur et se faufilent dans les fissures du rocher. Plus trapus, les poissons-perroquets verts *(Scarus sordidus)* se posent volontiers dans un creux. Certaines girelles s'enfouissent dans les sédiments. D'autres labres (une famille de poissons chatoyants à la nageoire caudale arrondie) se réfugient dans de petites grottes.

Un nason tacheté (Naso brevirostris) passe dans le faisceau de la lampe de Jeff. Ce curieux poisson, également appelé licorne en raison de son rostre, a perdu ses teintes bleutées pour revêtir une livrée grisâtre parsemée de taches sombres. Quelques espèces de poissons-anges font de même et optent pour un pyjama de grisaille qui accroît leurs chances de survie au crépus-

Nuit blanche pour corail rose

Les polypes du corail mou ne connaissent pas la lumière du jour. Ils ne sortent que lorsque l'obscurité est totale et passent la nuit entière à filtrer les animalcules. Les épines – ou spicules – qui consolident leur squelette sont visibles ici en transparence.



cule. Se détachant à peine de l'éponge encroûtante sur laquelle il repose, un poisson-perroquet bleu (Scarus gibbus) ne bronche pas à l'approche de Jeff. Il est plongé dans une profonde catalepsie. Avant de se figer, il s'est drapé dans le cocon de mucus qu'il a au préalable sécrété.

Les ichtyologues ont découvert que ce mucus n'est pas destiné à masquer son odeur, mais ils ignorent encore sa fonction. Le plongeur croise un couple de poissons-papillons masqués *(Chaetodon larvatus)* qui se dirigent vers un rocher et disparaissent dans une crevasse, probablement la même depuis des années.

Une vingtaine de minutes se sont écoulées depuis le coucher du So-

Le poisson-perroquet est en catalepsie

leil. La luminosité est très faible. Les fusiliers, qui s'étaient rassemblés en immenses bancs à l'approche du crépuscule se séparent jusqu'au matin. Quelques éclairs rouges déchirent l'obscurité : des priacanthes communes *(Priacanthus hamrur)* accompagnées d'un lutjan rouge *(Lutjanus bohar)* partent inspecter les récifs. Ces prédateurs nocturnes rougeâtres ont un œil de grande taille habituée à la vision crépusculaire qui leur confère



un avantage sur les poissons diurnes. Avantage de courte durée, car les proies se sont raréfiées à mesure que s'installait l'obscurité.

La nuit est maintenant tombée. La faible clarté de la pleine lune subsiste dans les premiers mètres de la mer. La métamorphose du récif est imminente. Le plancton, qui était descendu dans la journée, regagne la surface. Les coraux vont profiter de cette manne.

Le terme de "corail" est impropre, car il réunit des organismes très différents appartenant à la superclasse des anthozoaires : les coraux constructeurs de récifs, ou madrépores, les gorgones en forme d'éventail, les coraux de feu – plus proches des méduses que des madrépores –, les coraux mous au

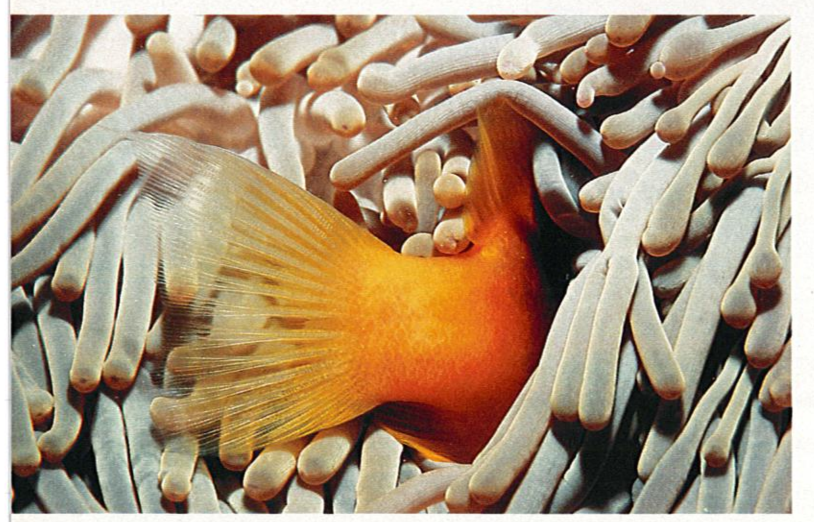
La murène, cauchemar des plongeurs de nuit

squelette élastique, etc. Ces invertébrés marins ont un point commun : ce sont des organismes de petite taille, les polypes, qui vivent en colonie et érigent un squelette calcaire externe.

Le jour, les polypes rétractiles sortent rarement de leur squelette. Mais, dans l'obscurité, ils se déploient à seule fin de saisir les micro-organismes qui passent à portée de leurs tentacules. D'autres organismes, tels que les crinoïdes dotés de vingt bras et les spirographes (vers polychètes séden-

Fleurs de récif

Quelques minutes séparent ces deux photos prises en mer Rouge. En haut, le Soleil est en train de se coucher. Une nuée d'anthias s'agite encore dans la pénombre. A la tombée de la nuit, les crinoïdes "fleurissent" comme par miracle sur le récif corallien.



Le clown fait le fakir

Ce poisson-clown s'est fait un matelas des tentacules urticants de l'anémone. C'est une relation de "mutualisme", car le poisson-clown attire des proies pour l'anémone .

taires), s'épanouissent également.

Une murène de belle taille *(Gymnothorax javanicus)* tourne sa gueule béante vers Jeff, qui a juste le temps de photographier ce cauchemar des plongeurs nocturnes. Tapie tout le jour au fond d'une cavité, elle chasse la nuit, repère et piste ses proies à l'odeur grâce à ses capteurs chimiques. Mais la bouteille d'air comprimée du plongeur est presque vide. Il enclenche sa réserve et jette un ultime regard sur le récif, pour admirer une danseuse espagnole *(Hexabranchus sanguineus)* qui s'est lancée dans un flamenco endiablé... ■

VINGT-CINQ ANS SOUS LES MERS



■ Jeff Rotman plonge depuis vingt-cinq ans. Cet Américain établi à Boston s'est spécialisé dans la macrophoto sous-marine. Il emploie généralement plusieurs Nikonos et un Nikon F3 dans un caisson, un objectif de 15 mm et des pellicules Kodachrome de 64 ISO. Ses clichés sont publiés dans les magazines du monde entier. Dernièrement, l'un d'eux faisait la couverture de la très sérieuse revue *New Scientist.* Jeff plonge souvent en compagnie de biologistes marins et connaît parfaitement la faune des récifs coralliens.

archéologie

La mort parée d'or

Exceptionnelle découverte dans la Vienne : deux caveaux du IVe siècle, intacts, abritant des objets précieux et surtout le plus grand tissu d'or jamais trouvé en Gaule romaine. Pour le préserver, des archéologues "chirurgiens" sont à son chevet...



PHOTOS B. FARAGO

Inviolés depuis seize siècles

Installés côte à côte, les deux caveaux (ici, l'un a été ouvert par les archéologues) abritaient des sarcophages qui contenaient des cercueils de plomb où reposaient les corps d'une femme et d'un enfant. Ils étaient enveloppés dans de nombreuses étoffes tissées d'or (en médaillon).

C'est le plus grand tissu d'or jamais trouvé en Gaule romaine. Un tissu somptueux qui enveloppait le corps d'un enfant mort au IVe siècle.

Son caveau a été découvert cet hiver, à Naintré (Vienne), près du site gallo-romain du Vieux-Poitiers, au sud de Châtellerault, dans une sablière exploitée par l'entreprise Ragonneau. Un autre caveau, légèrement postérieur, bâti tout contre, abritait la dépouille d'une jeune femme. Il a malencontreusement été éventré par un engin d'extraction. L'ouvrier a aussitôt interrompu son travail, et l'entreprise a contacté le Service régional de l'archéologie. Louable initiative qui a permis de sauver cette exceptionnelle découverte.

Nul n'avait pénétré dans ces caveaux depuis que les maçons gallo-romains avaient construit les voûtes censées les clore pour l'éternité. « C'est vraiment très rare, commente Jean-François Baratin, conservateur régional de l'archéologie. Ce type de tombe, signalée en surface par un monument, est l'objet de bien des convoitises, à toutes les époques. Là, nous savions que nous aurions la chance extraordinaire de tout trouver en place, et sans doute dans un bon état de conservation, puisque les objets étaient confinés depuis des siècles dans une atmosphère particulièrement stable. »

Mais le véritable trésor, ce sont les textiles : des soieries, des étoffes tissés d'or, de « pures merveilles », selon Sophie Desrosiers, historienne des textiles à l'Ecole des hautes études en sciences sociales. « Pour l'instant, nous en comptons au moins deux, pliés sous le corps de la femme, et au moins six autour du corps de l'enfant. »

DES ÉTOFFES D'UN TISSAGE TRÈS ÉLABORÉ

Dans une petite pièce, équipée d'un système restituant l'atmosphère fraîche, sombre et humide nécessaire à la préservation des textiles, s'affairent des archéologues aux allures de chirurgiens, gantés et masqués pour éviter de contaminer les tissus. Les analyses préalables, effectuées par Sophie



Desrosiers et Christophe Moulherat (laboratoire de recherche des musées nationaux), ont révélé que ces étoffes étaient d'un tissage très élaboré. Elles provenaient d'un grand centre artisanal de l'Empire romain : les fils ont en effet subi une torsion, procédé caractéristique du monde antique occidental. Sur certains tissus manquent les fils de chaîne. « Sans doute des fibres cellulosiques – c'est-à-dire confectionnées à partir de végétaux comme le lin, le chanvre, le coton – qui ont été dissoutes par l'acidité du milieu », suppose la restauratrice de textiles Isabelle Bédat.

Avant tout, il faut identifier et distinguer les diverses "couches" de textiles. L'enfant était enveloppé d'un tissu d'un grand raffinement, une étoffe de soie damassée, d'une extrême finesse, plus de quatre-vingts fils au centimètre. Par comparaison, la popeline de coton des chemisiers compte trente fils au centimètre.

Dessous, se trouve une grande toile à larges bandes d'or sur lesquelles se déploie un décor en tapisserie de losanges, de fleurs et de rinceaux. C'est la seule étoffe complète de ce genre connue. Elle semble couvrir deux autres toiles. La tête était également entourée d'un tissu. Quant aux jambes, elles sont enserrées dans de larges bandes croisées sous lesquelles apparaît un tissu. Des textiles sont disposés sous le corps et sur ses côtés.

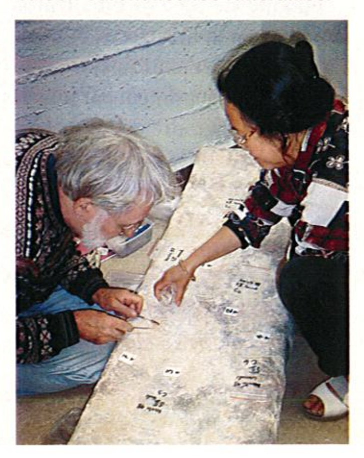
La jeune femme repose sur un "matelas" de toiles et de tissus de laine à fils d'or. Sont-ce des vêtements ? La question est prématurée. Il faut achever de démailloter le corps et rechercher coutures et systèmes d'attaches sur les fragments textiles.

« Le processus de décomposition s'est réactivé au contact de l'oxygène de l'air, explique Caroline Relier, spécialiste des prélèvements archéologiques difficiles au laboratoire Utica. Avant l'ouverture des caveaux, l'atmosphère était en effet saturée du gaz carbonique émis lors de la décomposition initiale des matières organiques. »

Pour l'instant, les tissus apparaissent comme une masse d'un brun plus ou moins foncé, avec une nuance nettement violacée dans le cercueil de la femme. « Cette couleur fait tout de suite penser à la pourpre, un colorant employé pour les vêtements d'apparat, explique Sophie Desrosiers. Mais il faut attendre les résultats de l'analyse des traces de colorants sur les fibres. » Malgré leur nettoyage minutieux – grattage au microscalpel, passage au microaspirateur et à la vapeur d'eau pour ôter les résidus sur une épaisseur de moins de 1 mm –, les fragments de tissu ne retrouveront jamais leurs coloris d'origine...

Le pollen va parler

Le pollen prélevé sur les cercueils permettra de connaître les fleurs qui y avaient été déposées et de savoir en quelle saison eurent lieu les funérailles.

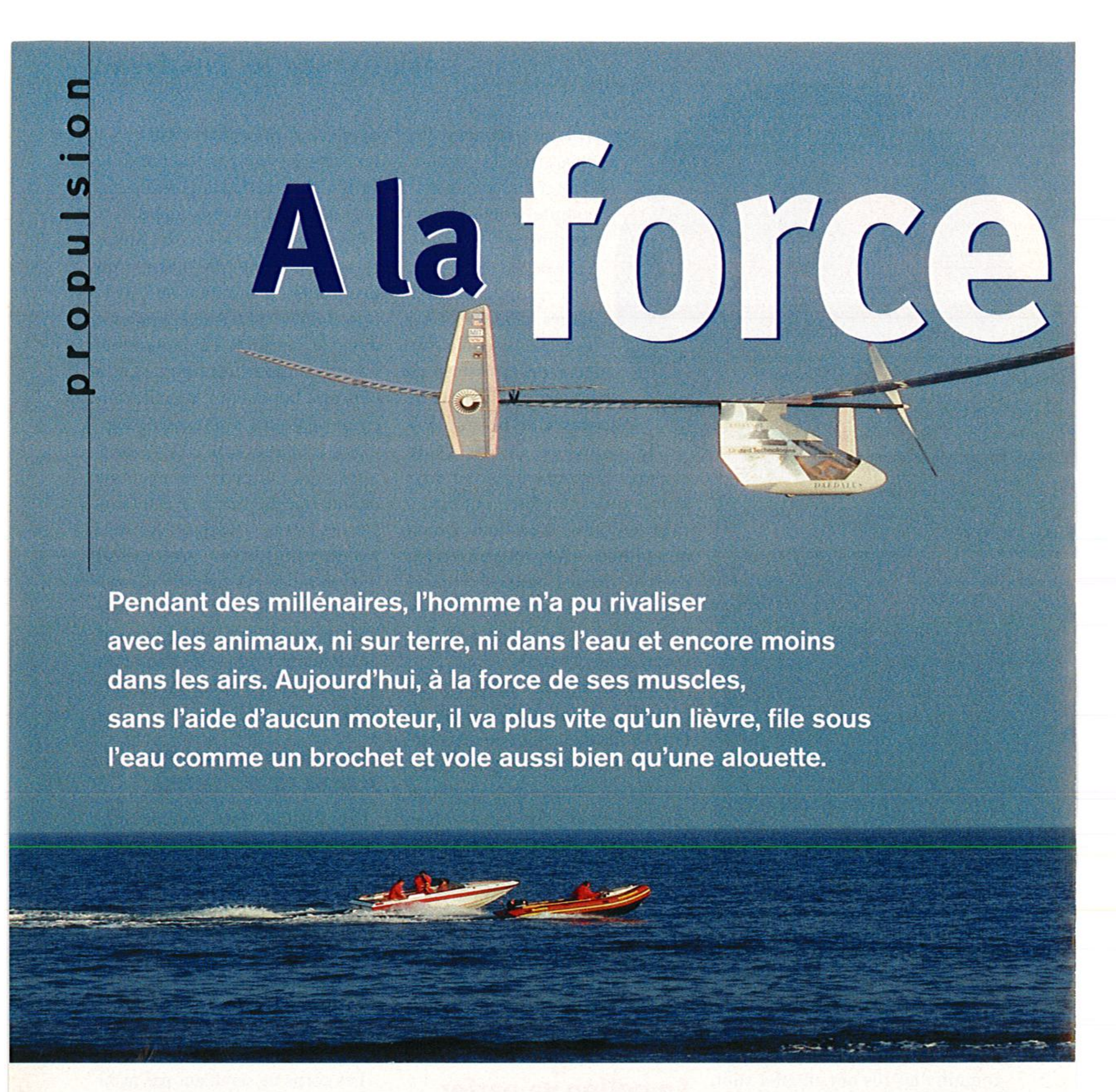


DE GROS PROPRIÉTAIRES RURAUX DU BAS-EMPIRE

Qui étaient donc ces personnages ? On connaîtra leurs liens de parenté, leurs pathologies et peut-être la cause de leur décès grâce aux analyses des produits de décomposition et des ossements effectuées au laboratoire d'anthropologie du CNRS-université Bordeaux I et dans celui de parasitologie de l'université Bordeaux II. « Les corps ne semblent pas avoir été embaumés », indique l'anthropologue Henri Duday.

Au début de notre ère, il n'était pas à la portée du premier venu d'avoir pour dernière demeure un caveau, un sarcophage et un cercueil de plomb. Ces tombes sont typiquement celles de gros propriétaires ruraux du Bas-Empire. Afin de déterminer si elles se trouvent sur le domaine d'une "villa" (grande exploitation gallo-romaine), les fouilles continuent alentour, sous la direction de Bernard Farago, de l'Association pour les fouilles archéologiques nationales. ■

A la force



Pendant des millénaires, l'homme n'a pu rivaliser avec les animaux, ni sur terre, ni dans l'eau et encore moins dans les airs. Aujourd'hui, à la force de ses muscles, sans l'aide d'aucun moteur, il va plus vite qu'un lièvre, file sous l'eau comme un brochet et vole aussi bien qu'une alouette.

Au début du XIXe siècle, la machine à vapeur commençait à tourner rond. Montée sur rails, elle permit pour la première fois à l'homme d'aller plus vite qu'un lapin (40 km/h). Vers 1850, la locomotive dépassa même la gazelle (96 km/h). Mais l'homme, avec ses seuls mollets, en restait aux 36 km/h d'un bon coureur de 100 mètres et se faisait toujours battre par à peu près tous les animaux de la création.

A la fin du XIXe, les Anglais inventent le vélo, ce qui change complètement la donne : dès 1900, un cycliste peut rouler à 40 km/h, aussi vite qu'un lapin, mais plus longtemps – le record de l'heure était à l'époque de 39,240 km. L'atout majeur de la bicyclette, et ce qui allait assurer son succès, c'est qu'elle était quasiment parfaite dès le départ : le cadre en losange, les roues à rayons, la transmission par chaîne, le guidon directeur, tout était déjà là en 1885.

On ajoutera bien une diagonale au losange, avec le tube de selle, en 1889, mais, entre le vélo de 1900 et celui d'aujourd'hui, il n'y a pas grande différence. En revanche, tout le reste, autos, avions, locomotives, etc., a changé au point d'être méconnaissable. Le revers de la médaille, c'est qu'il est difficile d'améliorer un engin techniquement achevé dès sa naissance : établi en 1914, le record de l'heure du Suisse Oscar Egg (44,250 km) tiendra vingt ans.

Mais, à cette époque, on sait déjà que le gros obstacle à la vitesse, c'est la résistance de l'air. Assis sur la selle, et même penché sur le guidon, le cycliste offre trop de prise au vent. Il faut changer de posi-

du mollet

PAR RENAUD DE LA TAILLE

ARGYROPOULOS/SIPA

tion, ce que fait en 1930 le Français Charles Mochet, en inventant le vélo couché : le cycliste est assis très bas, presque allongé, et les pédales sont devant lui – la position est proche de celle qu'on a sur un pédalo.

La surface offerte au vent est réduite dans des proportions considérables. Sur un vélo de ce type, Francis Faure porte le record de l'heure à 45,055 km en 1933.

LES INVENTEURS LÂCHÉS PAR LES INSTANCES OFFICIELLES

Mais, après avoir longtemps tergiversé, l'Union cycliste internationale (UCI) refuse d'enregistrer le record, car la machine de Faure est trop différente d'un vélo traditionnel.

Cette décision consacre le divorce entre les instances officielles et les inventeurs, qui vont poursuivre en solitaire les recherches sur des engins mus par la seule force musculaire.

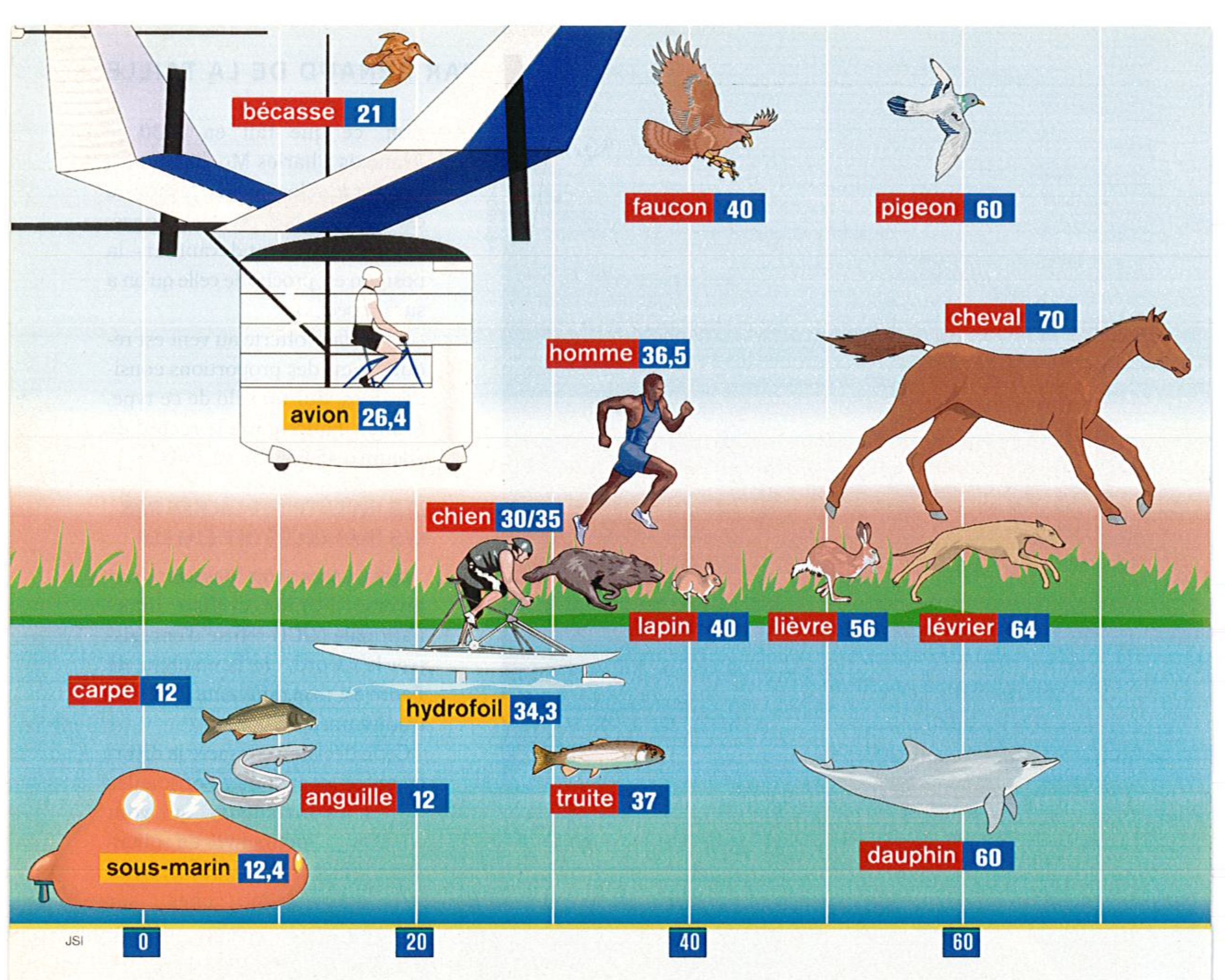
C'est d'abord Georges Mochet, fils de Charles, qui décide, avec Francis Faure, de franchir la barre des 50 km dans l'heure. Il reprend le vélo couché, dont la surface frontale est faible, et l'habille d'un carénage aérodynamique. L'objectif est atteint le 3 mars 1939 : 50,540 km dans l'heure, exploit remarquable si l'on pense que le carénage a été dessiné à l'estime (l'étude en soufflerie était réservée aux ailes d'avion) et qu'il est fait de tôle, ce qui alourdit beaucoup l'engin.

Mais c'est ce "vélo scientifique",

HPVA

Du vélo fusée à l'avion musculaire

En 1932, avec son drôle de carénage profilé, le Suisse Oscar Egg poussait déjà des pointes à 50 km/h. Sa curieuse machine gagnait 5 km/h sur le vélo "normal", prouvant ainsi l'importance des forces aérodynamiques. Celles-ci seront mises à profit pour effectuer le vol musculaire dont rêvait Icare – ici le *Daedalus* entre la Crète et la Grèce.



tel que l'a imaginé Charles Mochet, qui va donner l'élan et susciter toutes sortes d'engins qui quitteront la route pour aller glisser sur l'eau ou s'élever dans les airs. L'organe moteur reste le pédalier, avec sa chaîne de transmission, qui fait tourner aussi bien une roue qu'une hélice de bateau ou des pales d'hélicoptère.

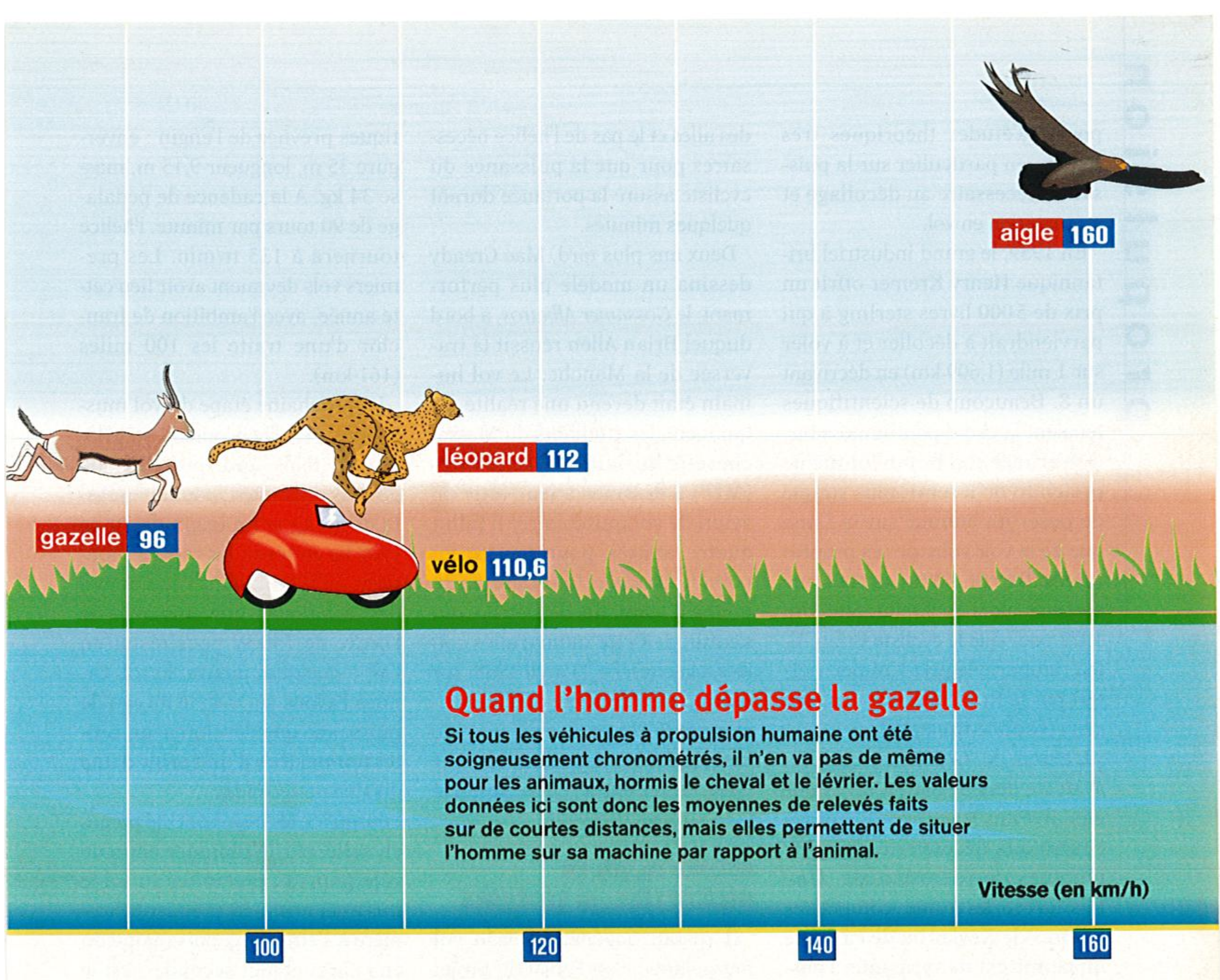
Dès 1970, les matériaux composites détrônent le métal sur les engins

Le Seconde Guerre mondiale interrompt les recherches pour longtemps. Puis, en 1973, le Pr Kyle, de l'université de Californie, crée l'International Human Powered Vehicles Association (IHPVA). Cette organisation s'intéresse à tous les véhicules à propulsion humaine (VPH) et met sur pied ses propres compétitions, où les performances sont homologuées (France-HPV est affiliée à l'IHPVA).

Le monde du VPH est vaste : il regroupe non seulement les vélos carénés, mais aussi tout engin mû par la seule force musculaire, voiture, avion, bateau, draisine et même sous-marin. Le génie créatif s'exprime en toute liberté, avec cet avantage sur les précurseurs qu'il existe maintenant un environnement scientifique et technique inconnu en 1930 : matériaux composites aussi légers que résistants, simulation sur ordinateur, passage en soufflerie, étude ergonomique du matériel ou mesure précise de la force musculaire.

Le vélo couché et caréné sera le premier à bénéficier de ces innovations. En vitesse pure (200 m lancé), les 90 km/h sont franchis en 1979 : le lévrier et même le cheval de course sont largement battus. En 1986, la barre des 100 km/h est nettement dépassée : 105,360 km/h. En 1992, l'Américain Chris Huber porte le record à 110,620 km/h sur un engin dénommé Cheetah Bike : cette fois, l'homme est à égalité avec le léopard, l'animal le plus rapide sur terre.

Il s'agit bien entendu d'un vélo couché entièrement caréné et longuement testé en soufflerie. La structure portante, les roues, la tige de guidon et le carénage sont en fibre de carbone. Pédales, plateaux et pignon sont en résine



Quand l'homme dépasse la gazelle

Si tous les véhicules à propulsion humaine ont été soigneusement chronométrés, il n'en va pas de même pour les animaux, hormis le cheval et le lévrier. Les valeurs données ici sont donc les moyennes de relevés faits sur de courtes distances, mais elles permettent de situer l'homme sur sa machine par rapport à l'animal.

composite. La chaîne est remplacée par une courroie en élastomère. Pratiquement pas de métal : il n'y a que trois petites entretoises en alliage d'aluminium pour les paliers.

Le record a été établi en altitude – où la moindre densité de l'air réduit la résistance aérodynamique –, à Alamosa County, dans le Colorado. Mais, même dans ces conditions, le cycliste a dû fournir une puissance de l'ordre de 800 watts pendant une quinzaine de secondes (temps de lancement, puis 200 m en 6,5 s). Ceux qui ont quelque souvenir des cours de physique seront sans doute étonnés de voir un homme dépasser les 736 W de la puissance attribuée au cheval-vapeur, ce fameux "ch" dont on se sert encore couramment pour les moteurs de voiture.

En réalité, le cheval-vapeur est une unité publicitaire inventée par James Watt pour vendre les machines à vapeur à double effet dont il était l'inventeur. Le "ch" valait par principe 75 kg.m/s. Or, un homme de 75 kg en bonne condition physique grimpe aisément une dénivellation de 5 m en 5 s, fournissant une puissance de 75 kg.m/s = 1 ch. Un percheron de 750 kg monte lui aussi 5 m en 5 s, mais, cette fois, la puissance est de 750 kg.m/s = 10 ch. Un vrai cheval développe donc aisément une puissance de 10 chevaux-vapeur (soit 7 360 W, et même 10 000 W pendant une poignée de secondes).

Dans le même laps de temps, un athlète très entraîné peut monter à 1 000 W. Empruntons à l'ingénieur Jean-Charles Gosselin, vice-président de France-HPV, quelques autres références : un champion peut fournir de 500 à 550 W pendant quatre ou cinq minutes, ou de 300 à 450 W durant une heure. A titre de comparaison, la promenade cycliste correspond à 70 W, la randonnée sportive à 200 W. Ces chiffres sont importants car ce sont ceux qu'on prend en compte pour concevoir un nouvel VPH.

AVANT DE SAVOIR VOLER, L'HOMME VA SUR LA LUNE

Or, des véhicules nouveaux, il y en a eu des dizaines, et de toute sorte, depuis la fondation de l'IHPVA. Quand les vélos de record commencèrent à dépasser les 80 km/h, on pensa à leur ajouter des ailes pour concrétiser enfin le très vieux rêve du vol humain. On renouait avec les innombrables essais menés au début du siècle, qui s'étaient soldés par autant d'échecs. Mais, dorénavant, on dis-

posait d'études théoriques très fiables, en particulier sur la puissance nécessaire au décollage et au maintien en vol.

En 1959, le grand industriel britannique Henry Kremer offrit un prix de 5000 livres sterling à qui parviendrait à décoller et à voler sur 1 mile (1,609 km) en décrivant un 8. Beaucoup de scientifiques tenaient la chose pour impossible, et Wernher von Braun lui-même prétendit qu'il serait plus simple de poser un homme sur la Lune que de le voir voler de ses propres forces. De fait, on fut sur la Lune en 1969, alors qu'il fallut attendre 1977 pour que le cycliste Brian Allen remporte le prix Kremer – offert par la Royal Aeronautical Society (Grande-Bretagne).

L'avion, le *Gossamer Condor*, avait été dessiné par un inventeur génial, Paul Mac Cready, qui recourut aux découvertes les plus pointues de l'aérospatiale. Une fois encore, les résines composites à fibres de Kevlar ou de carbone lui permirent de surmonter l'obstacle majeur, celui qui avait condamné toutes les tentatives précédentes : le poids. Le traitement par ordinateur des paramètres du vol lui donna le profil des ailes et le pas de l'hélice nécessaires pour que la puissance du cycliste assure la portance durant quelques minutes.

Deux ans plus tard, Mac Cready dessina un modèle plus performant, le *Gossamer Albatros*, à bord duquel Brian Allen réussit la traversée de la Manche. Le vol humain était devenu une réalité, ce qui incita les étudiants du Massachusetts Institute of Technology (MIT) à dessiner à leur tour un avion de vol musculaire. Il fallut quatre années pour mettre au point le *Daedalus* (en souvenir du mythe d'Icare, fils de Dédale, qui s'enfuit de Crète muni d'ailes collées à la cire). Le 23 avril 1988, sur cet appareil de 30 kg et d'une envergure de 25 m, le cycliste grec Kanelopoulos traversa la mer Egée, de la Crète à l'île de Santorin (119 km) en 3h 53min.

RECORD DE VOL EN HÉLICOPTÈRE : 19 SECONDES

Il restait à généraliser le vol musculaire : c'est l'objet du projet Raven, lancé par le Musée de l'air de Seattle (Etats-Unis), auquel se sont associés des centaines d'étudiants, d'ingénieurs et d'industriels du monde entier. Caractéristiques prévues de l'engin : envergure 35 m, longueur 9,15 m, masse 34 kg. A la cadence de pédalage de 90 tours par minute, l'hélice tournera à 135 tr/min. Les premiers vols devraient avoir lieu cette année, avec l'ambition de franchir d'une traite les 100 miles (161 km).

La prochaine étape du vol musculaire, c'est l'hélicoptère. Suite logique, mais qui présente de grosses difficultés : pour un cycliste de 70 kg et un engin de 30 kg (100 kg en tout), les calculs montrent qu'il faut, dans l'état actuel des techniques, une puissance de l'ordre de 750 W pour rester en l'air à quelques mètres du sol. Or, nous l'avons vu, c'est le niveau de puissance que développe un professionnel lors d'un sprint d'une dizaine de secondes.

Jusqu'ici, les essais ont été menés en salle, car le moindre coup de vent pourrait précipiter au sol le très léger engin. Le premier hélicoptère à s'être élevé, puis maintenu en l'air quelques secondes, est le *Da Vinci III*, en 1989. En mars 1994, le Japonais Akira Naito battait le record du monde, avec un vol stationnaire de 19 secondes. Son hélicoptère, *Yuri-1*, avait été dessiné et construit par les étudiants du département "sciences aéronautiques" de l'université Nihon, à Tokyo. Ces ingénieurs poursuivent d'ailleurs

Couchés, et en pleine action

Le vélo caréné à pédalage horizontal donne lieu à toutes sortes de compétitions. La vitesse de ces engins est toujours très élevée : facilement 80 km/h en ligne droite. Le record des 100 km a été battu l'année dernière par le Néerlandais Bram Moens, sur le circuit de Lelystad (Pays-Bas) qu'il avait parcouru à 71,64 km/h de moyenne. Mais, à ces allures, les virages sont délicats à négocier.

M. W. HACK/HPVA



B. GAINES

HPVA

Hydrofoil à pédales et sous-marin de poche

L'hydrofoil (ci-dessus), où l'aile immergée vole dans l'eau, permet de dépasser les 30 km/h. Les choses sont moins simples sous l'eau, car l'engin doit déplacer un grand volume de liquide. Toutefois, le sous-marin à pédales (ci-contre) file à plus de 10 km/h, ce qui est déjà remarquable.

leurs recherches en vue d'atteindre la minute.

Un appareil reste à construire : l'hydravion à propulsion humaine

Il est enfin un domaine de l'aéronautique où le prix Kremer n'a pas encore eu de lauréat : celui de l'hydravion. La somme offerte est de 10 000 livres, pour un double 8 autour de deux balises placées à 805 m l'une de l'autre et, bien sûr, décollage et amerrissage sur l'eau. Le plus grand écueil semble être le décollage : il est difficile d'atteindre la vitesse nécessaire sur l'eau.

Pourtant, en matière nautique, les hydrofoils à pédales ont permis de dépasser très largement les vitesses atteintes par les équipes d'aviron les plus rapides. L'hydrofoil (ou hydroptère) a sous la coque des ailes conçues pour assurer, à partir d'une certaine vitesse, la sustentation dans l'eau, exactement comme une aile d'avion assure la sustentation dans l'air – c'est une aile qui "vole" dans l'eau.

A l'arrêt, l'hydrofoil repose sur une coque ordinaire, puis, au-delà d'une certaine vitesse, la portance des ailes immergées soulève la coque au-dessus de l'eau. La résistance à l'avancement s'en trouve considérablement réduite et, à puissance égale, la vitesse s'élève d'autant. D'abord employée sur des bateaux à moteur, la formule a très vite été adoptée par les amateurs de vitesse musculaire.

Les inventeurs partirent d'une coque de type kayak à laquelle ils ajoutèrent des ailes immergées et un groupe propulseur hélice-pédalier similaire à celui d'un pédalo. On adopta ensuite la double coque des catamarans, puis on remplaça l'hélice marine soit par une roue à aubes, soit par une hélice aérienne de type hydroglisseur. A ce jour, le véhicule le plus achevé est le *Decavitator,* conçu par des étudiants du MIT sous la direction du Pr Mark Drela, lequel était de surcroît un cycliste amateur de haut niveau.

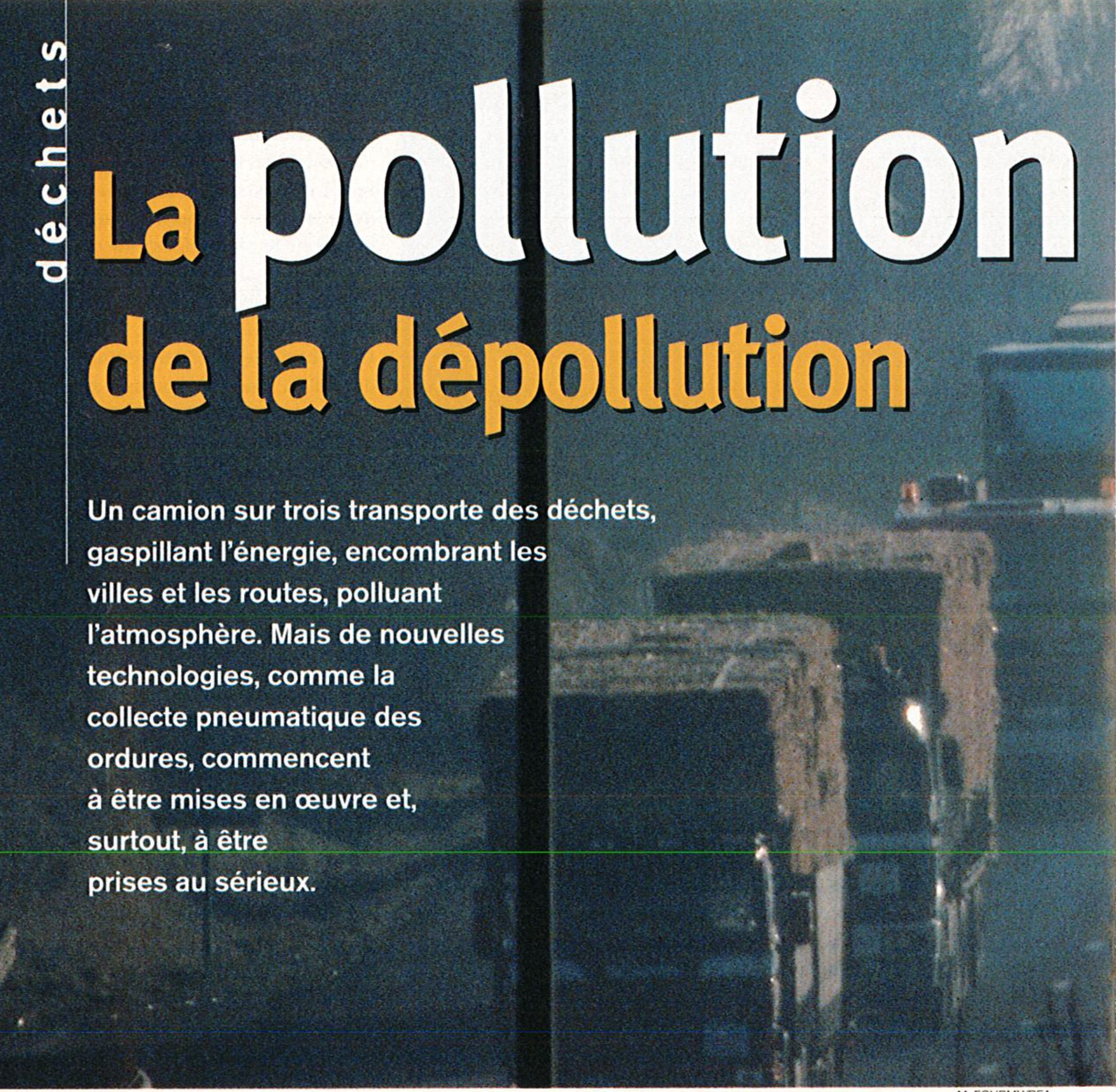
Associant les formules hydroptère et hydroglisseur, le *Decavitator* avait en outre un carénage intégral pour le pilote. C'est sur cet engin que, le 27 octobre 1991, lors d'une compétition sur la rivière Charles, près de Boston, Mark Drela battit le record du monde du 100 m lancé, à la vitesse de 18,5 nœuds (34,3 km/h). Pour mieux situer la performance, il faut savoir que l'embarcation la plus rapide est ce qu'on appelle le "8 aviron" (huit rameurs et un barreur), dont la vitesse maximale est d'environ 24 km/h.

Après avoir volé comme un oiseau migrateur et filé sur l'eau bien plus vite qu'un canard, il ne restait plus à l'homme qu'à aller se mesurer aux poissons. C'est chose faite : il existe bel et bien des submersibles à pédales qui évoluent à 10 m sous l'eau. Le record actuel de vitesse sur 100 m, départ lancé, appartient à l'Américain Bill Nicoloff, avec 6,7 nœuds (12,4 km/h). C'est la vitesse de pointe de la carpe ou de l'anguille, mais c'est encore loin de la truite (37 km/h) et surtout du dauphin (60 km/h).

Mais il faut tenir compte du fait que le véhicule à propulsion humaine n'en est qu'à ses débuts et ne jouit que de budgets limités – au mieux, ceux que peuvent octroyer certaines universités. Si ces inventeurs dont la créativité n'a guère de limites disposaient des moyens de recherche des grandes industries, ils finiraient sans doute par aller sur la Lune à vélo. ■

déchets

La pollution de la dépollution



Un camion sur trois transporte des déchets, gaspillant l'énergie, encombrant les villes et les routes, polluant l'atmosphère. Mais de nouvelles technologies, comme la collecte pneumatique des ordures, commencent à être mises en œuvre et, surtout, à être prises au sérieux.

M. FOURMY/REA

La pollution par les déchets n'est pas un problème nouveau, même si l'on ne s'en préoccupe que depuis une vingtaine d'années et si certains de ses désagréments commencent à peine à émerger.

En imposant aux Parisiens, en 1884, l'emploi de boîtes métalliques destinées aux ordures ménagères, le préfet Eugène-René Poubelle est l'inventeur de la "rudologie", la science des résidus. Auparavant, on jetait tout bonnement les ordures par la fenêtre : on imagine l'état d'insalubrité de la capitale.

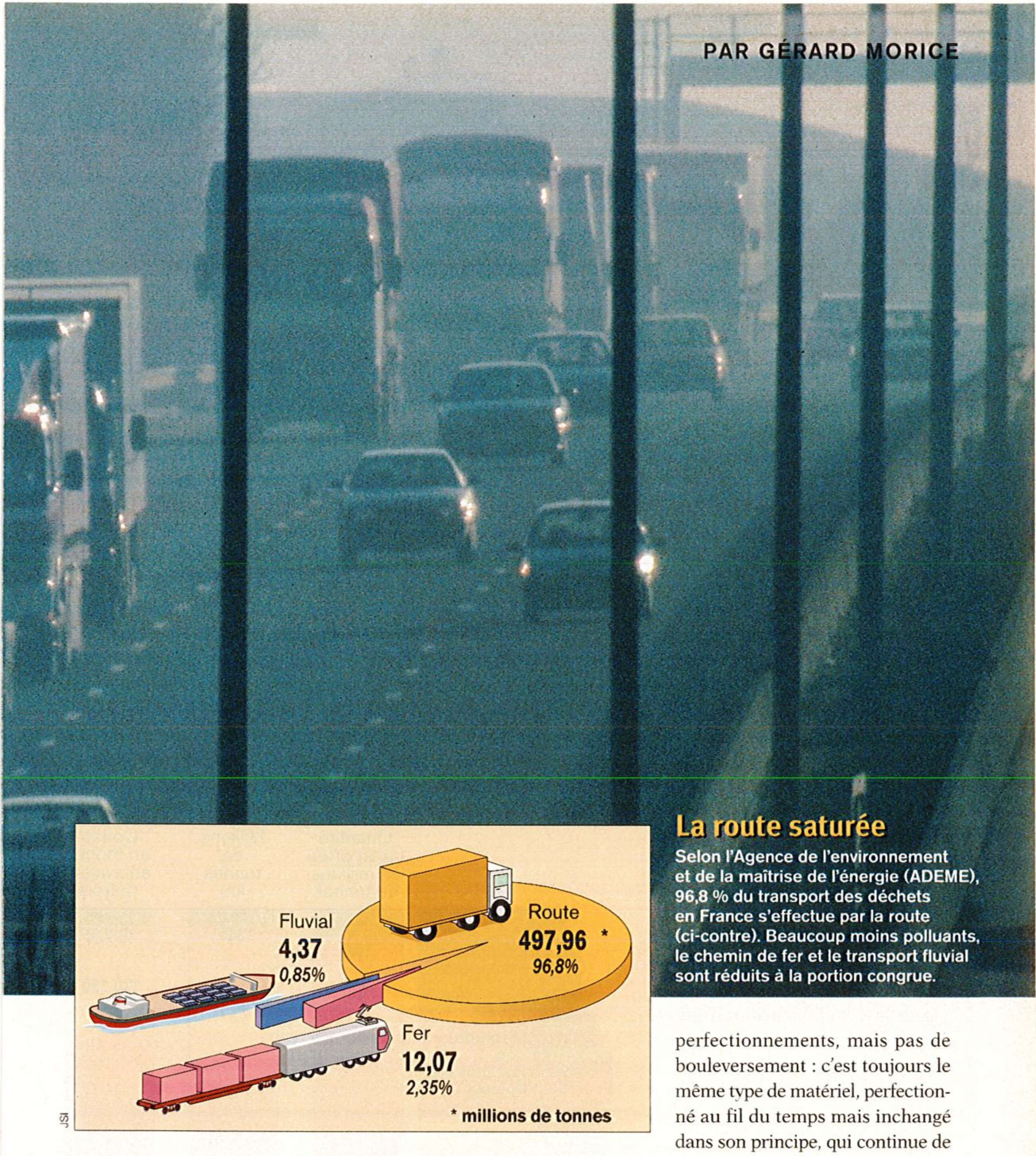
Mais le problème de l'enlèvement des ordures ne fut pas réglé pour autant. Des tombereaux hippomobiles, de capacité restreinte, d'accès difficile (il fallait monter sur les rayons des roues pour y pénétrer), ouverts à tous les vents, étaient chargés de l'évacuation des déchets. C'est seulement trente-cinq ans après l'invention du préfet Poubelle que la Ville de Paris décida de lancer un concours sur la conception d'un véhicule automobile mieux adapté aux problèmes de la collecte et du transport des ordures.

André Mariage, un centralien qui dirigeait la Compagnie générale des omnibus, réunit une équipe d'ingénieurs et de techniciens, et élabora le prototype qui devait être retenu par la Ville de Paris. On construisit trois cents véhicules. Leur particularité? Ils étaient équipés d'un châssis Schneider – le même que celui des autobus parisiens – et d'une benne à couvercle de 7 m^3.

883 MILLIONS DE TONNES DE DÉCHETS PAR AN

Il fallut encore attendre quinze ans pour que, en 1934, Fernand Rey, autre centralien, invente la

PAR GÉRARD MORICE



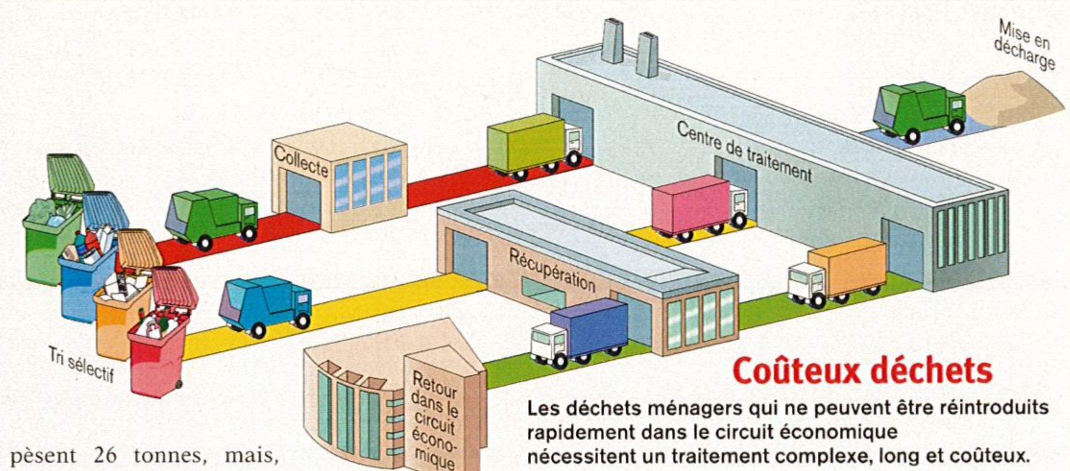
La route saturée

Selon l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME), 96,8 % du transport des déchets en France s'effectue par la route (ci-contre). Beaucoup moins polluants, le chemin de fer et le transport fluvial sont réduits à la portion congrue.

"benne à compression". Doté d'un système hydraulique comprimant les ordures dans un caisson fermé de 16 m³, cet engin enfin vraiment spécialisé permettait de charger de trois à quatre fois plus de déchets que les anciennes bennes ouvertes à l'arrière. De plus, il améliorait notablement l'hygiène, à la fois pour le personnel et pour les riverains.

Depuis, il s'est écoulé soixante-quatre ans sans qu'aucun grand progrès technique intervienne, même si le récipient du préfet Poubelle a cédé la place à des conteneurs à chargement automatique ou à des bacs roulants en plastiques imputrescibles, spécialisés, selon les jours, pour diverses collectes (ordures ménagères, journaux, plastiques, déchets de chantier, déchets biologiques). Des perfectionnements, mais pas de bouleversement : c'est toujours le même type de matériel, perfectionné au fil du temps mais inchangé dans son principe, qui continue de collecter les résidus ménagers.

Ces véhicules cumulent tous les inconvénients : s'arrêtant tous les dix mètres devant chaque maison, chaque entreprise, chaque commerce, ils polluent un environnement déjà très abîmé; ils ralentissant ou bloquent la circulation; ils sont bruyants (le bruit est le problème "environnemental" dont se plaignent le plus les Français) ; ils



Coûteux déchets

Les déchets ménagers qui ne peuvent être réintroduits rapidement dans le circuit économique nécessitent un traitement complexe, long et coûteux.

pèsent 26 tonnes, mais, même avec leur système de compactage, ils ne peuvent ramasser que 8 tonnes d'ordures; enfin, ils sont terriblement voraces en énergie. Bien qu'on teste actuellement des engins bi-énergie, électrique en ville, thermique sur route, la quasi-totalité des bennes à ordures fonctionnent au fuel, à raison de 60 à 80 litres aux 100 km!

Citadins à près de 80 %, les Français rejettent plus de 883 millions de tonnes de déchets par an (tous déchets confondus, y compris ceux de l'agriculture, des industries, du bâtiment et des travaux publics). En France, deux lois, qui découlent de la réglementation européenne, régissent leur traitement : celle du 15 juillet 1975, complétée par celle du 13 juillet 1992. Ces lois obligent le producteur de déchets à les détruire. C'est le principe du "pollueur payeur", l'élimination d'office aux frais du producteur pouvant être mise en œuvre au besoin.

Selon ces textes, tout déchet doit être traité avant d'être admis dans une décharge. Le traitement peut consister soit dans le recyclage direct et immédiat des produits en vue de leur réintroduction dans le circuit économique, soit dans l'incinération, valorisée ou non par la "cogénération" (récupération de la chaleur, par exemple pour des opérations de chauffage urbain). On n'admet dans la décharge ultime que le mâchefer indestructible qui résulte de l'incinération ou les déchets qu'on ne sait pas traiter.

La succession de ces opérations conduit à de multiples transports et manutentions, qui interviennent à chaque phase du traitement et de l'élimination des déchets. Or, qui dit transport dit pollution. Dépolluer conduit ainsi, indirectement, à polluer...

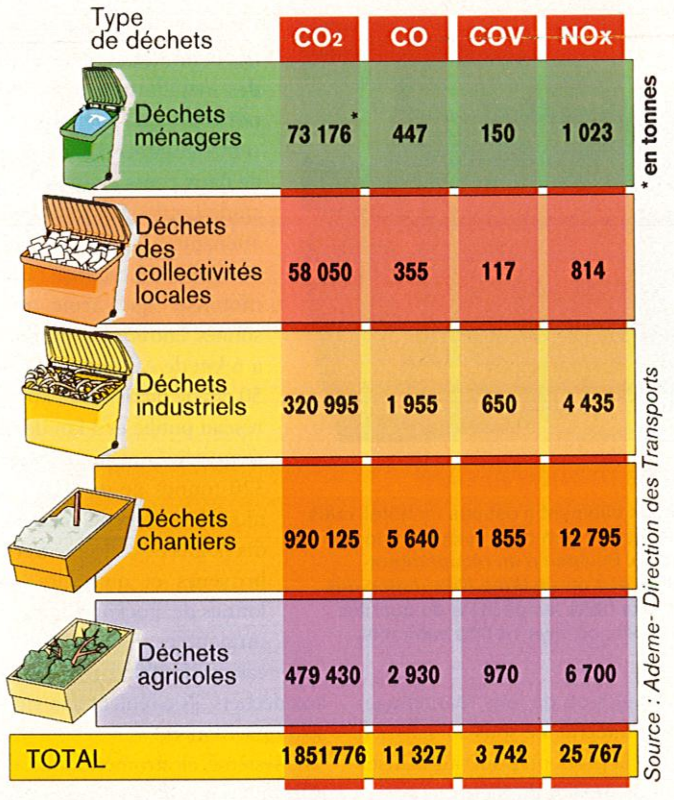
Ce problème surgit aujourd'hui, soulevé par l'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) et par le ministère de l'Equipement et des Transports. Pour être éliminés, 514,4 millions de tonnes de déchets font l'objet d'un déplacement, jusqu'à leur traitement ou à leur mise en décharge finale. Ce trafic représente le tiers

	Quantité transportée en millions de tonnes	Millions de tonnes km	Conso. en tonnes équivalent pétrole
Déchets ménagers	29,5	770,54	23 865
Déchets des collectivités locales	22,5	585	18 720
Déchets industriels	57	5 344,6	120 190
Déchets chantiers	354,3	10 629,4	304 820
Déchets agricoles	51,1	5 034	156 215

DESSINS JSI

Dévoreur d'énergie...

L'énergie nécessaire au transport des déchets a été estimée à 623 810 tonnes équivalent pétrole (derniers chiffres de l'ADEME), soit 5 % de la consommation énergétique de l'ensemble des transports français.



Type de déchets	CO_2	CO	COV	NOx
Déchets ménagers	73 176*	447	150	1 023
Déchets des collectivités locales	58 050	355	117	814
Déchets industriels	320 995	1 955	650	4 435
Déchets chantiers	920 125	5 640	1 855	12 795
Déchets agricoles	479 430	2 930	970	6 700
TOTAL	1851776	11 327	3 742	25 767

... donc facteur de pollution

Le transport des déchets engendre l'émission de polluants : dioxyde de carbone (CO_2), oxyde d'azote (NOx), monoxyde de carbone (CO) et composés organiques volatils (COV). Le transport par camion des déchets de chantier est responsable de la moitié des émissions totales dues à l'activité de transport des déchets.

du tonnage transporté en France (trafic intérieur total des diverses marchandises) et un flux de plus de 22,3 milliards de tonnes/km par an, soit 15 % du trafic routier annuel.

Collecte urbaine plus trafic routier : un camion sur trois transporte des ordures ! Ennuyeux problème, car, outre les embouteillages qu'ils suscitent, les transports de déchets se font en quasi-totalité par la route (96,8 % en tonnes/km). Le chemin de fer et le transport fluvial, pourtant infiniment moins polluants, sont réduits à une peau de chagrin : respectivement 2,35 % et 0,85 % du tonnage transporté (voir schéma page précédente).

La distance moyenne que parcourent les déchets, tous moyens de transport confondus, est de 43 km, avec de fortes disparités : selon les régions (24 km dans le Limousin, plus de 93 km dans la région Poitou-Charentes) ; selon les types de déchets (les déchets de fer et d'acier pour la refonte ont un parcours moyen de 400 km, alors que celui des déchets des collectivités locales n'est que de 25 km) ; enfin, selon les moyens de transport (36 km par la route, 87 km par les voies d'eau, 310 km par le chemin de fer). Le faible recours aux voies ferrées et fluviales s'explique par les très courts trajets que doivent effectuer la majeure partie des déchets, auxquels la route apporte souplesse et flexibilité.

Les bennes à ordures consomment de 60 à 80 litres de fuel aux 100 km !

LE RAIL, SOLUTION D'AVENIR

« Effectué presque entièrement par la route, le transport des déchets, qui de surcroît utilise le diesel, est un facteur de pollution non négligeable », dit Christophe Ripert, de la direction des transports de l'ADEME. Il estime la consommation d'énergie due au transport des déchets à 623810 tonnes équivalent pétrole (tep), soit 5 % de la consommation énergétique de l'ensemble des transports français, répartie ainsi : route, 92,85 % ; fer, 6,2 % ; fluvial, 0,95 %. Chiffres à rapprocher des consommations d'énergie des divers moyens de transport, exprimées en grammes équivalent pétrole (gep) : 32 gep/t.km pour la route, 15 pour la voie d'eau et 10 pour le fer. La consommation d'énergie des moyens de transport étant connue, ainsi que les distances parcourues, on obtient les chiffres de pollution annuelle.

Un problème économique naît aussi de l'archaïsme des transports. La destruction d'une tonne de déchets coûte 1 000 F en moyenne : 500 F sont consacrés au recyclage et à l'élimination proprement dite et 500 F au transport ! Mais il existe des solutions plus modernes, plus efficaces.

La première réside dans le développement du transport par le rail, au détriment de la route. Selon les calculs de Christophe Ripert, dès que le trajet routier, du dépôt des bennes à ordures au centre de re-

cyclage ou de traitement, excède 10 km (il est en moyenne, rappelons-le, de 36 km), le rail s'impose. A cet effet, la SNCF a créé son département Ecorail, qui s'appuie sur deux techniques rail-route : le "multiberce", transbordement de caisses par des camions standard à bras de levier à partir de wagons spécialisés; et le "transrail", transbordement de caisses à partir de wagons plats standard sur des camions équipés de transbordeurs.

L'idée de la seconde technologie, révolutionnaire, remonte... à la fin du siècle dernier. Elle consiste à utiliser un réseau pneumatique passant sous les immeubles, au niveau des locaux à déchets. C'est exactement ce que faisait le réseau des PTT, qui, jusqu'en 1989-1990 transportait en quelques instants le courrier dit "pneumatique", qui fut ensuite acheminé par porteur spécial du bureau de poste le plus proche au domicile du correspondant. A l'époque du fax et de l'e-mail, le service n'était plus rentable, et on le supprima.

Le numéro un de la technologie pneumatique (ou éolienne) appliquée aux déchets est aujourd'hui la firme suédoise Central Sug, établie à Göteborg. En raison des souffleries et des coudes, chaque réseau ne peut excéder 2 ou 3 km, ce qui suffit néanmoins à desservir un quartier. De plus, chaque centrale pneumatique peut être connectée à sa voisine. L'installation du réseau éolien doit évidemment se faire lors de la construction même des immeubles, des quartiers ou de leur réaménagement intégral. Le sous-sol parisien est déjà prêt : on pourrait utiliser l'infrastructure du métro.


SMA

Le luxe monégasque

Ce luxueux bâtiment n'est pas un hôtel, mais l'usine d'incinération des résidus ménagers de Monaco. Equipée d'un récupérateur de chaleur et d'un système d'épuration des fumées, elle traite les déchets du quartier de Fontvieille, où vivent 4 000 habitants.

Un réseau pneumatique aménagé dans le métro

On compte déjà 400 réseaux de ce type dans le monde, à Göteborg et à Stockholm, bien sûr, mais aussi aux Etats-Unis, au Japon et à Saint-Pétersbourg (où il est aménagé dans le métro). Le plus accompli fonctionne depuis quelques années... en France, ou, plutôt, à Monaco. Tout le quartier neuf de Fontvieille, gagné sur la mer à 85 % (4000 habitants, 22 hectares, cinquante immeubles), a été équipé d'une collecte pneumatique aussi bien pour les rejets solides que liquides (eaux usées et eaux pluviales). La tâche était relativement aisée, puisque les voies urbaines se situent en hauteur et toutes les canalisations techniques (électricité, eau, ordures) dessous.

Le quartier abrite des petits commerces, mais aussi des installations aussi importantes que l'héliport, un centre commercial, un hôtel de deux cents chambres, le stade Louis-II et les locaux attenants... Le réseau est entièrement automatisé : il ne mobilise que trois personnes, entretien compris. Il a 6 km de canalisations de 50 cm de diamètre (3 km de réseau public et 3 km de réseau privé) et peut traiter 320 tonnes de déchets par mois. Il comprend soixante-dix points de collecte : trente broyeurs et quarante colonnes de stockage dans les immeubles. Sa capacité en eau est de 20000 m³/h. Quant aux déchets, ils circulent à la vitesse de 7 à 10 m/s.

Le système, électromécanique, est relié en bout de chaîne aux usines de traitement des eaux et d'incinération des déchets – laquelle pratique la cogénération –, si bien qu'il fonctionne en autarcie complète. Bien qu'il soit gourmand en énergie : il consomme 250 kW par jour.

CES VILLES QUI FONT LA SOURDE OREILLE...

Récemment, à Paris, le ministère des Finances, à Bercy, a lui aussi été équipé de la collecte pneumatique. Un seul ministère – mais de quelle importance! – qui traite des tonnes de papiers par jour.

On peut se demander pourquoi les villes nouvelles d'Evry, de Saint-Quentin-en-Yvelines ou de Cergy-Pontoise, parmi bien d'autres, ne disposent pas de ce type de collecte. Certaines mauvaises langues murmurent que ces villes, construites par les géants du bâtiment et des travaux publics, qui ont des filiales spécialisées fort rentables dans la collecte traditionnelle des ordures, feraient la sourde oreille... ■



Homme : grandes étapes de l'évolution de l'espèce

VERS LA FIN DU XXÈME SIÈCLE, L'HOMO SAPIENS SAPIENS SE MIT À DOUTER DES INFORMATIONS VÉHICULÉES PAR LA TÉLÉ. IL S'ABONNA DONC À SCIENCE & VIE, ET SA CAPACITÉ CÉRÉBRALE S'EN TROUVA BRUTALEMENT DOUBLÉE.

...pithecus ...bustus | Homo habilis | Homo erectus | Homo sapiens neandertalensis | Homo sapiens sapiens | Homo abonnimus superior

Science & Vie
Téléportation
La première expérience
Préhistoire
Sauver la grotte Chauvet
Drones
Les avions sans pilote attaque
La science des anciens
Mathématique, médecine, astronomie
Enquête
L'hôpital qui tue

226 francs seulement

SCIENCE & VIE, le plaisir de savoir.

Bulletin d'abonnement à SCIENCE & VIE

à retourner sous pli affranchi avec votre règlement à SCIENCE & VIE Service Abonnements - 1, rue du Colonel Pierre Avia 75503 Paris Cedex 15

Oui Je m'abonne à SCIENCE & VIE pour **1 an** soit 12 mensuels.

● Je règle la somme de **226 francs*** seulement.

Nom

Prénom

Adresse

Code postal

Ville

Je choisis de régler par :

❐ chèque bancaire ou postal à l'ordre de SCIENCE & VIE

❐ carte bancaire

N°

expire à fin mois année

Date et signature obligatoires

* Au lieu de 276 francs prix normal de vente des magazines chez votre marchand de journaux

OFFRE VALABLE JUSQU'À FIN 1998 ET RÉSERVÉE À LA FRANCE METROPOLITAINE.

Vous pouvez aussi vous abonner par téléphone au 01 46 48 47 17 ou Minitel : tapez 36 15 ABON

SV 971

RC PARIS B 572 134 773

ILLUSTRATION DÉKO 98

plan@net actu

PAR ROMAN IKONICOFF

La tour branchée

Construire une tour Eiffel virtuelle, c'est possible sur le site Internet du célèbre monument, qui contient bien d'autres trésors.

La tour Eiffel se pare des habits du troisième millénaire : un site Internet. On y trouve des vues aériennes de Paris, l'histoire de la tour, ses caractéristiques techniques, etc. On peut même participer à la construction d'une tour Eiffel virtuelle, dont les briques sont de petits points lumineux représentant les 175 millions de visiteurs qu'elle a émerveillés depuis cent neuf ans. Une condition pour laisser sa marque virtuelle (avec nom et photo numérisée) et recevoir un code d'accès au site : être réellement monté au deuxième étage.

http://www.tour-eiffel.fr

Cyberpolice



Au début des années 80, le président américain Ronald Reagan déclarait la "guerre des étoiles". Aujourd'hui, Bill Clinton lance celle des réseaux : d'ici à 2003, Internet devra être protégé contre les "cyberterroristes". Plusieurs millions de dollars ont déjà été débloqués pour constituer cette "cyberpolice". Des "experts", en fait d'anciens pirates à la solde du gouvernement, devront tester la "perméabilité" des systèmes informatiques fédéraux, régulièrement visités par les "hackers" (voir l'article "Les pirates à l'abordage d'Internet"). N. O.

Téléphone chinois



Le nombre des abonnés du téléphone portable en Chine approchait les 16,7 millions en avril dernier, ce qui fait de l'Empire du Milieu le troisième plus important marché du monde dans la téléphonie sans fil.



Prise dans la Toile







La femme jeune est la prochaine cible du marché des ordinateurs et d'Internet. Comment la conquérir ? Un fabricant de logiciels américain, ModaCAD, s'est lié au géant des microprocesseurs, Intel, pour élaborer un logiciel de "lèche-vitrines" virtuel, le Project New York. Les "surfeuses" pourront ainsi parcourir les vitrines numériques de boutiques (réelles), choisir des vêtements dans plusieurs d'entre elles, les faire essayer à des mannequins virtuels et même s'entretenir avec d'autres acheteuses sur leur choix vestimentaire.

Sur le divan numérique...



Vous souffrez de phobie ou d'angoisse et n'osez pas vous allonger sur le divan d'un psy ? Essayez donc la TAO (thérapie assistée par ordinateur). Via Internet, le patient communique avec son "cyberthérapeute" (par e-mail). Les séances ont lieu deux fois par semaine, avec un suivi personnalisé.

Profitant de l'engouement pour la Toile mondiale, la TAO n'en est pas moins un projet sérieux. Conçue par des psychologues de l'université d'Amsterdam, elle a été expérimentée sur des étudiants avec des résultats encourageants. Il n'empêche qu'un grand nombre de psychologues, de psychiatres et de psychanalystes contestent l'efficacité d'un traitement qui fait fi de la présence physique du thérapeute (et du divan), réduisant le transfert psychologique – élément clef de la réussite thérapeutique – à un transfert de données...

A collaboré à cette rubrique : Nathalie Orvoën.

Profil cerné

■ Grâce à une étude menée à la demande notamment du serveur Yahoo !, on sait désormais qui navigue sur Internet en France.

■ Surfeurs qui êtes-vous ?	Population française	Utilisateurs du WEB	Utilisateurs potentiels du WEB
Hommes/Femmes en %	48/52	72/28	53/47
Âge moyen	45,6 ANS	32,6 ANS	34,9 ANS
Revenu annuel moyen (avant impôt)	157 200 F	213 700 F	168 900 F
Diplôme post baccalauréat ou formation professionnelle	66%	95%	74%

Nouvelle imprimante pour photos



Sa résolution de 640 x 480 pixels permet à l'imprimante ViviPrint DigiPhoto 5000 de Vivitar de donner des impressions au format 9 x 13 cm de qualité honorable. Elle emploie une nouvelle technologie, la cylithographie : le papier photosensible contient des milliards de microcapsules (ou perles d'encre, les "cyliths"). Quand elles sont exposées aux faisceaux lumineux vert, bleu et rouge de haute intensité et à la pression d'un rouleau, les microcapsules restituent la teinte sur le papier. De petite taille (21 x 14,6 x 7,5 cm), l'imprimante se connecte au port parallèle et restitue en deux minutes des images aux formats BMP, PCX, GIF, TAC, TIFF et JPEG. Chaque photo revient à moins de 5 F. Prix : 2 290 F.

Internet sauvera-t-il le Mac ?

Apple annonce pour septembre son nouveau modèle d'ordinateur, l'iMac, sur lequel la société fonde beaucoup d'espoirs. Tourné vers les applications Internet et le multimédia, l'iMac – au remarquable design translucide – est doté du nouveau processeur PowerPC G3, cadencé à 233 MHz, avec 512 kilo-octets de mémoire cache et 64 Mo de mémoire vive. L'écran est un 15 pouces (diagonale visible : 13,8 pouces) dont la résolution est de 1 024 x 768 pixels. La vitesse du modem interne est de 33,6 Kbps, et l'ordinateur est doté de deux ports USB et d'un port infrarouge. Les autres caractéristiques reflètent la même qualité : disque dur IDE de 4 Mo, lecteur de CD-Rom 24 x, haut-parleurs stéréo intégrés avec son en 3D. On regrettera cependant que le constructeur ait sacrifié le lecteur de disquettes. Prix : moins de 10 000 F.

Paiement sécurisé

Les navigateurs et les logiciels de courrier électronique intègrent des dispositifs de sécurité. Mais ceux-ci sont liés à l'ordinateur, et, si un "pirate" devine le mot de passe ou "craque" la machine, il peut usurper une identité et l'utiliser à son profit sur le réseau. Proposé par la société française Gemplus, GemSAFE est un système qui stocke les codes d'authentification sur une carte à puce qui peut en outre sécuriser des réseaux complets d'entreprise. Il suffit de connecter le lecteur de cartes à puce sur n'importe quel PC, d'installer le logiciel et d'activer la carte pour accéder à des services personnels (serveurs spécialisés, e-mails, etc.) sans avoir à configurer la machine. Un kit de base comprenant une carte, un lecteur pour PC et un CD-Rom d'installation sera prochainement commercialisé aux environs de 600 F. A terme, un lecteur de carte à puce devrait être intégré dans le clavier des PC nouvelle génération.

Le rêve du photographe

Leica, fabricant d'appareils-photo et d'objectifs prestigieux, a choisi le créneau professionnel pour se lancer dans la photographie numérique. Le Leica S est un appareil de studio capable d'effectuer des prises de vues à grande résolution destinées à de grands formats d'impression. Il est compatible avec les objectifs des systèmes Leica M (à télémètre) et Leica R (à visée reflex). Une gamme d'adaptateurs permet de se servir des objectifs d'autres marques (notamment Hasselblad, appareil de studio réputé). Un logiciel garantit le rendu neutre de la balance des blancs, quel que soit le type de lumière utilisé, et peut mémoriser les modes d'éclairage les plus courants. La barrette CCD (suite de capteurs) a une résolution de 5 140 points d'image sur une largeur de 36 mm. Les trois lignes de la barrette sont pourvues de filtres à bandes étroites qui, avec les objectifs Leica, permettent une différenciation chromatique des canaux rouge, vert et bleu suffisante pour supprimer les liserés colorés sur les bords ou dans la zone de balayage. Le piqué de l'image est ainsi amélioré. Taille d'image maximale : 76 Mo (5 140 x 5 140 pixels), soit à 300 ppp une surface d'impression de 44 x 44 cm. Prix : 138 000 F.

Scanner nettoyant

Le scanner CoolScan LS-2000 de Nikon reprend la technologie inédite mise au point par la firme d'éclairage à diodes électroluminescentes. Il y ajoute une diode qui analyse dans l'infrarouge l'état physique du film à numériser. Grâce à cette innovation, les traces de doigt, les poussières et les rayures sont automatiquement effacées. Le mode d'insertion des films est également nouveau : des adaptateurs et des chargeurs, qui traitent tous les types de film en 24 x 36 (négatifs couleur et noir et blanc, diapositives, films APS), s'insèrent dans le boîtier du scanner. La résolution de l'appareil est de 2 700 dpi x 2 700 dpi. Le négatif 24 x 36 numérisé a une définition de 2 592 x 3 894 pixels. Prix : 13 000 F.



SOURIS EN LIBERTÉ

La technologie des souris sans fil, basée sur les ondes radio, est apparue il y a moins de deux ans. La société Logitech, dont c'est l'une des spécialités, commercialise aujourd'hui une nouvelle version de souris, la Cordless Wheel Mouse. Elle dispose d'une roulette, qu'on peut éventuellement programmer comme un troisième bouton. Grâce à MouseWare 8.0, logiciel mis au point par Logitech, le paramétrage des boutons pour droitier ou gaucher s'effectue facilement, et la souris dispose de réglages plus nombreux qu'avec Windows. Un petit récepteur se branche à l'arrière de l'ordinateur, sur le port de la souris : il reçoit les signaux de la souris dans un rayon de 2 m. Prix : 350 F.



Petits services sur le réseau mondial

A l'ombre des sites officiels d'autres sites proposent des inédits et offrent des services adaptés à la vie de l'internaute pressé.

Commande en ligne



Il suffit de prendre ses mesures et de choisir la forme du col et des poignets.



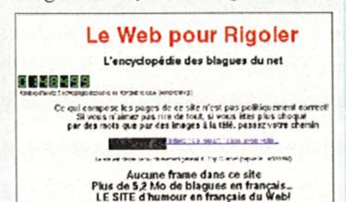
Plus besoin d'aller chez le tailleur pour se faire faire une chemise ou un pantalon sur mesure. Stéphane Gartner est une marque française de vêtements pour hommes, exclusivement distribuée sur Internet. Avant de se décider pour le tissu, on peut en juger sur des échantillons. Pour les commander à domicile :
http://www.gartner.tm.fr/

@ Sur le site des éditions en ligne 00h00.com, les internautes découvriront un catalogue de livres inédits et des rééditions. On reçoit l'ouvrage choisi sous forme numérique ou sur support papier. Le petit plus : on peut écrire à l'auteur et conseiller les futurs acheteurs.
http://www.00h00.com/index2.html

Pour rire



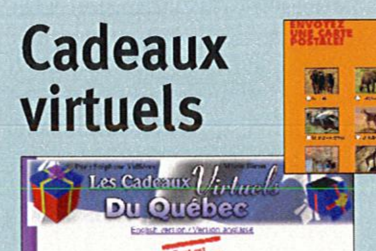
Enregistrez votre adresse électronique sur son serveur, et l'Encyclopédie des blagues du Net vous enverra deux blagues "inédites" par jour, que vous trouverez chaque matin à l'ouverture de votre boîte à lettres. Le service est gratuit. **http://www.rigoler.com/**



ADRESSE PERSONNALISÉE

■ Trois minutes : c'est le temps qu'il faudra aux internautes désireux de modifier leur adresse électronique pour la personnaliser. Il suffit de remplacer le nom du fournisseur d'accès, par sa profession, son sport ou son loisir favori. Par exemple, l'adresse dupont@francenet.fr peut devenir dupont@aventurier.fr. Avantage : l'adresse est permanente, même si l'on change de fournisseur d'accès. Le site offre un essai gratuit pendant un mois :
http://www.rebele.com/

Cadeaux virtuels



Facile et rapide, le cadeau virtuel.



Envoyer un cadeau virtuel à un ami qui se trouve à l'autre bout du monde ? Facile. Grâce au serveur québécois Cadeaux virtuels. Pour sélectionner la surprise, il faut "feuilleter" (à l'écran) les quatre catalogues : "cadeaux de fêtes", "pour les amoureux", "pour les enfants" et la "section générale". Rendez-vous sur le site: **http://www.steval.qc.ca/cadeau.htm**

@ Le serveur Chroniques de l'Afrique sauvage propose gratuitement de très belles photos d'animaux de ce continent à envoyer en ligne.
http://www.montparnasse-net.com/afrique/pagecp/carte.htm



CD-Rom

Mortelles civilisations...

La simulation stratégique permet de comprendre des événements historiques complexes.





HISTORY OF THE WORLD
MAN OF WAR

Malgré leurs titres en anglais, ces deux jeux de stratégie, qui sont des grands classiques anglo-saxons, sont bien destinés à un public francophone. Le premier retrace, en quarante-neuf civilisations, de Sumer au XIXe siècle, toute l'histoire de l'humanité, rien de moins. Contrairement aux jeux de stratégie habituels, le but ici est non pas de conquérir le monde, mais de développer ses empires pour qu'ils résistent à l'épreuve du temps et à l'assaut des autres civilisations.

Pour paraphraser Paul Valéry – « Toutes les civilisations sont mortelles » –, celles du jeu connaissent une période de développement et de déclin. A vous, joueur, d'enrayer la décadence en bâtissant et en diffusant la culture propre à votre civilisation, à l'aide de l'armée et de la flotte. Mais les périls sont nombreux : civilisations ennemies, barbares, séismes, guerre civile, etc.

Fondé sur un principe de fonctionnement semblable, *Man of War* traite d'une période bien précise : la rivalité franco-britannique qui s'est exprimée au XVIIIe siècle sur les mers du globe à propos de l'indépendance américaine, de la Révolution française et des guerres napoléoniennes. On comprendra mieux le propos du jeu si l'on sait que *Man of War* n'est autre que l'expression anglaise désignant les vaisseaux de haut bord.

Plusieurs batailles sont présentées. Chaque affrontement en haute mer se déroule en deux phases : l'une de réflexion et de préparation au combat, l'autre (illustrée d'écrans magnifiques, voir ci-contre) de combat, en fonction des ordres qu'on a donnés précédemment. On appréciera la géniale tactique de Nelson, qui lui permit de vaincre, à Trafalgar, les flottes française et espagnole commandées par Villeneuve.

HISTORY OF THE WORLD
A la conquête du monde
jeu de stratégie

Comme toujours, dans ce type de jeu, l'apprentissage des règles n'est pas aisé, mais, une fois les difficultés surmontées, quel régal... **J.-R. G.**

Alsyd, 399 F chacun (pour PC).

PAR HENRI-PIERRE PENEL

pl@net

Internet conqui

Grâce à l'ordinateur, on téléphone déjà par Internet. Mais quel casse-tête! Et ça ne marche pas très bien... De nouveaux appareils se substituent à l'ordinateur pour faciliter et améliorer les communications. A un tarif dérisoire.

A l'heure où Internet devient le média planétaire par lequel transitent des images et des sons à un coût dérisoire (1), pourquoi ne pas s'en servir pour véhiculer les conversations téléphoniques?

Mais, si l'attrait du coût suscite une forte demande, la nécessité de se servir d'un micro-ordinateur pour accéder au réseau rebute beaucoup de monde. C'est pourquoi de nouvelles solutions émergent.

On les appelle les Web-phones (téléphones de la Toile). Ils mettent une communication internationale à 5 % à peine du prix classique – sans compter l'abonnement à Internet. A en croire Bruce Stephen, d'International Data Corporation, d'ici à 2001 plus de 48 millions de "terminaux Internet non PC" (c'est-à-dire des appareils qui fonctionnent sur Internet mais ne sont pas des ordinateurs) seront en service dans le monde.

La transmission d'une communication par le biais d'Internet est soumise à des contraintes, liées au fait qu'Internet ne peut transmettre que des données numériques (suites de "0" et de "1"). La parole doit être numérisée (le son est transformé en groupes de 0 et de 1, à intervalles réguliers, plusieurs milliers de fois par seconde), puis "dénumérisée" chez chaque interlocuteur.

De plus, la Toile achemine les données de manière étrange : la transmission ne se fait pas au fur et à mesure de leur création – en l'occurrence lors de la numérisation de la parole – mais par "paquets". On regroupe les données, généralement par cent ou deux cents, et on leur affecte une adresse de destination.

Durant leur trajet sur Internet, les paquets transitent par une multitude de serveurs (gros ordinateurs) qui les aiguillent vers le destinataire. En fonction de sa charge de travail, chaque serveur peut introduire un retard dans la transmission ou transmettre en une seule salve un groupe de "paquets en attente".

Les paquets n'arrivent pas au destinataire à flux constant, mais en rafales. Si l'on ajoute à ce phénomène la perte de paquets (souvent plus de 10 %), on conçoit qu'un important traitement des données soit indispensable pour retrouver la conversation d'origine dans ce flux discontinu et truffé de "trous".

(1) La communication est toujours facturée au tarif local.



Sur Internet, pas de "sonnerie". L'utilisateur d'un Aplio/Phone qui souhaite téléphoner doit donc d'abord appeler "normalement" son correspondant. Cette phase à forte taxation ne dure que quelques secondes, le temps que les appareils échangent leur "identité". Chaque Aplio/Phone entre alors automatiquement en contact avec son fournisseur Internet et la communication se rétablit au tarif local.

ert le téléphone



J. FEINE - DR

Point fort de l'Aplio (à droite) : son autonomie. Si des logiciels de téléphonie existent déjà sur PC (à gauche, WebTalk), leur utilisation est lourde. Ils tiennent plus du "gadget" que du téléphone économique.

A la réception, une mémoire stocke donc les salves de paquets pour permettre au microprocesseur de retrouver le débit constant que les données avaient à l'émission. Et des algorithmes lourds d'extrapolation "bouchent les trous" liés aux pertes.

Jusqu'à présent, la téléphonie sur Internet ne pouvait s'effectuer que par l'intermédiaire d'un micro-ordinateur équipé d'un logiciel spécifique, Internet Global Phone, NetSpeak's Web-phone, etc. Pour établir la communication, l'usager devait se connecter sur un centre serveur spécialisé, demander par téléphone à son correspondant de s'y relier également, tester la liaison, etc. Un parcours du combattant dans lequel seuls les passionnés d'informatique osaient se lancer.

Tout change avec l'apparition des Web-phones. L'Aplio/Phone de la société française Aplio est le premier et le seul appareil de ce type commercialisé en France. Aussi simple à brancher qu'un répondeur téléphonique, c'est un appareil "tout public", en vente chez les grands distributeurs de matériel hi-fi, de vidéo et d'informatique au prix moyen de 1890 F.

UN CŒUR DE MICRO-ORDINATEUR

Son cœur est un microprocesseur 32 bits. Une "puce" spécialisée se charge de la compression et de la décompression de la parole. Enfin, l'appareil inclut le modem indispensable à la connexion sur Internet. Seul inconvénient : pour l'instant, l'Aplio/Phone ne communique qu'avec un autre Aplio/Phone. Cependant, des informaticiens travaillent à un logiciel de transcodage qui permettra de le faire converser avec tout micro-ordinateur équipé d'un logiciel Web-phone.

Les opérateurs du réseau conventionnel sont-ils inquiets ? Selon une récente étude de Killen & Associates, la téléphonie sur Internet devrait dégager un chiffre d'affaires de plus de 63 milliards de dollars d'ici à l'an 2000, dont 33 % de part de marché pour l'Europe.

Directeur commercial de France Télécom Interactive, Bertrand Gouze envisage le problème avec pragmatisme. Aplio et Wanadoo (service Internet de France Télécom) ont signé un accord commercial. La boîte de chaque Aplio/Phone contient une offre d'abonnement à Wanadoo : soit trois heures de communication pour 45 F par mois, soit une durée illimitée pour 95 F par mois. @

PAR ROMAN IKONICOFF

L'ordinateur

A quoi pourrait bien servir un ordinateur qui exprime et perçoit des émotions ? A mieux nous seconder, puisque l'intelligence a besoin de sentiments. Un rêve d'électronicien amoureux ? Non, un projet qui commence à prendre tournure.

Un ordinateur qui ressent des émotions et qui en exprime. Il y a de quoi semer la confusion chez les informaticiens, habitués à ne jongler qu'avec le concept d'intelligence. Mais, comme les autres disciplines, l'informatique est sujette aux bouleversements scientifiques : depuis que les neurologues ont prouvé qu'intelligence sans sens n'est que ruine de l'âme, l'informatique s'est emparée des émotions pour les injecter dans l'esprit froid de l'ordinateur. Conséquences ? Une meilleure communication entre l'homme et la machine, et, peut-être, un peu de tendresse dans un monde de puces.

Erin O'Malley, une trentenaire originaire du Texas, rêve de devenir une star de rock. En attendant la gloire, elle officie en tant que serveuse dans le bar de son oncle Spencer, où elle est passée maîtresse dans l'art de la repartie : si un client échaudé veut flirter, elle le remet gentiment à sa place, mais elle sait aussi expulser les clients inconvenants. Belle et intelligente, Erin n'a qu'un défaut : elle n'existe pas. Ou, plutôt, elle n'existe que dans l'univers numérique de la Toile mondiale (1).

Les créatures virtuelles qui hantent les réseaux n'émeuvent plus guère les adeptes d'Internet, des jeux vidéo et des films de science-fiction. Les lieux virtuels, avec leurs habitants, sont devenus des lieux communs. Mais Erin possède un avantage sur les poupées numériques qui peuplent la Toile : elle a son propre caractère, elle apprend, et elle est autonome, c'est-à-dire qu'aucun informaticien n'intervient quand elle converse avec un internaute. A quoi sert Erin ? Créée par Barbara Hayes-Roth, chercheur à l'université Stanford (Palo Alto, Californie), elle comble une lacune de taille dans l'informatique moderne.

L'ÉCOLE DES SENTIMENTS

De nombreuses expériences prouvent que l'homme est bien plus attentif et bien plus ouvert intellectuellement quand il a affaire à des êtres doués d'affects. James Lester, directeur d'IntelliMedia Initiative, au collège d'ingénierie de l'université de Caroline du Nord, a créé deux agents "pédagogues", Herman the Bug et Cosmo (2). Les résultats d'études statistiques menées sur cent étudiants suggèrent que le comportement "affectif" de ces agents a un effet positif sur l'acquisition des connaissances et sur la concentration des élèves.

De son côté, Barbara Hayes-Roth a testé sur des enfants l'impact de "poupées affectives". Conclusion : les enseignantes virtuelles apprennent aux enfants à comprendre et à interpréter les sentiments des autres. Car il ne suffit pas d'ex-

Prénom : Cosmo. Profession : pédagogue. Son physique peu humain cache un cœur d'or. Cosmo fait partie des nouveaux "agents intelligents" capables d'exprimer des sentiments et de susciter la sympathie. Objectif : faciliter l'apprentissage.

J. LESTER

(1) Son adresse : http://www.extempo.com

(2) http://multimedia.ncsu.edu/imedia

affectif



DREAM INK

primer des émotions pour établir la communication. Il faut également savoir interpréter celles de l'interlocuteur.

Depuis longtemps, on sait que les hommes (et, *a fortiori*, les animaux) communiquent aussi par les gestes, les attitudes physiques, les odeurs, etc. – une infinité de paramètres "non verbaux" qui touchent le cœur sans nécessairement passer par la conscience.

Les annales des spécialistes de la communication sont truffées d'exemples : on pense à ce cheval qu'on croyait capable de faire des additions (3). Quand son maître lui demandait d'additionner deux nombres simples, le cheval indiquait le résultat en frappant le sol du sabot. Ainsi, pour donner la somme de l'addition 2 + 5, le cheval tapait sept fois. La déception des spectateurs fut à la mesure de l'émerveillement des chercheurs quand ces derniers percèrent le secret du cheval : il ne faisait que répondre à d'infimes signaux corporels, en l'occurrence des hochements de tête, que son maître émettait sans même s'en apercevoir.

Par ailleurs, de nombreuses études biochimiques montrent que certains choix humains sont conditionnés par des senteurs corporelles que la conscience ne perçoit pas (voir, dans ce numéro, notre article "Le sexe, à quoi ça sert?").

(3) Cité par Paul Watzlawick dans *la Réalité de la réalité*, Le Seuil, 1978.

Dès lors, comment faire pour que l'ordinateur capte les signaux affectifs non verbaux émis par son utilisateur? Rosalynd Picard, chercheur au laboratoire des médias du Massachusetts Institute of Technology (MIT), travaille à cet aspect du problème (4). S'inspirant du détecteur de mensonges utilisé dans certaines expertises juridiques, elle a conçu des outils qui amplifient les signaux corporels pour les transmettre à l'ordinateur. Des lunettes, des boucles d'oreille, des sandales, etc., sont autant de "périphériques" de son "ordinateur enfilable" (*wearable computer*). L'ordinateur capte les signaux – émis par ondes radio – et les intègre, ce qui modifie son "comportement". L'internaute tombe sur un site Internet qui l'intéresse? Son rythme cardiaque s'accélère légèrement et son front se plisse. L'ordinateur "comprend" alors qu'il doit se souvenir de l'adresse du site pour que son "maître" puisse, plus tard, s'y reporter.





Rosalynd Picard a retenu quatre signaux corporels : la contraction musculaire, la pression sanguine, la conduction électrique de la peau et la respiration. Les sentiments les plus facilement identifiables sont la haine, la colère, le chagrin et la joie. Les tests ont montré que, grâce aux quatre signaux pris en compte, l'ordinateur reconnaît plutôt bien ces sentiments. Mais, comme chaque homme les exprime à sa façon, elle a aussi doté son ordinateur de la faculté de s'adapter à ces nuances. L'utilisateur met ses lunettes, ses boucles d'oreille, tout son attirail, et exprime une série de manifestations affectives (colère, joie...) afin que la machine puisse personnaliser ses paramètres.

Pourquoi cet engouement soudain pour l'ordinateur affectif? Selon Elisabeth André, chercheur au centre allemand de recherche pour l'intelligence artificielle (DFKI), « le nombre grandissant de projets de recherche académiques et industriels prouvent que la prochaine grande étape de l'évolution des interfaces informatiques verra l'apparition d'interfaces hautement personnalisées. [...] L'utilisateur communiquera avec l'ordinateur par l'intermédiai-

....

(4) http://www.media.mit.edu/~picard

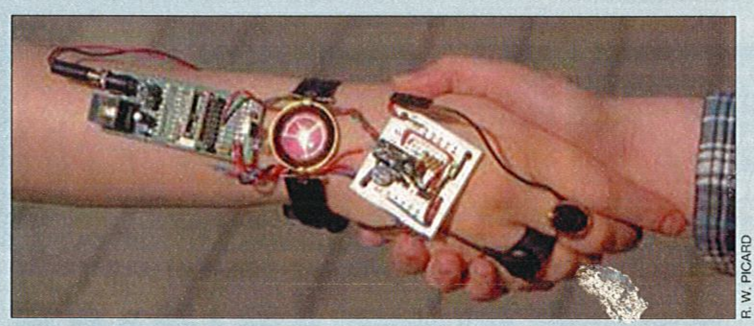


Qu'il s'agisse de vendre des voitures (ci-contre) ou de faire office de guide touristique (ci-dessous), les créatures virtuelles "affectives" usent de leur "personnalité" pour séduire les clients.

E. ANDRÉ

B. HAYES-ROTH





R. W. PICARD

Sandales, lunettes, boucles d'oreille et bracelets équipés de capteurs enregistrent les contractions musculaires, la pression sanguine, la conductivité électrique de la peau et la respiration de l'utilisateur. En fonction des réactions de celui-ci, l'ordinateur apprend à interpréter ses émotions et à s'adapter à ses centres d'intérêt.

re d'agents qui ressemblent à des êtres vivants».

En d'autres termes, la souris et ses "clics" seront bientôt remplacés, reconnaissance vocale aidant, par le dialogue et la communication non verbale entre l'homme et les petites bêtes animées et intelligentes. Celles-ci iront se promener dans la Toile mondiale pour ne rapporter que les informations qui nous intéressent – car elles auront appris à connaître nos centres d'intérêt. Elles organiseront nos bureaux, notre agenda, etc. A quand le grand chambardement? Les spécialistes estiment que dans cinq ans les agents intelligents serviront les hommes.

INDISPENSABLES ÉMOTIONS

Mais Rosalynd Picard ne s'en tient pas à de simples considérations pratiques. La scientifique voit dans l'ordinateur affectif bien plus que la prochaine génération d'interface. Digne héritière des fondateurs de l'intelligence artificielle, elle ne cache pas son rêve : concevoir un ordinateur vraiment intelligent. «Les dernières découvertes indiquent que les émotions jouent un rôle essentiel dans la prise des décisions rationnelles, la perception, l'apprentissage et dans une foule d'autres fonctions cognitives.»

Depuis la publication de *l'Erreur de Descartes*, d'Antonio Damasio, en 1994, et de *l'Intelligence émotionnelle*, de Dan Goleman, en 1995, l'idée a fait son chemin : une tête chaude et sensible vaut mieux qu'une tête froide et calculatrice. Plus étonnant! L'homme est incapable de prendre la moindre décision ou d'avoir un comportement social adéquat quand il est privé de ses repères affectifs et corporels (voir *Science & Vie* n° 933, p. 70).

Bref, l'ordinateur d'aujourd'hui, si puissant qu'il soit, ressemble, au mieux, au pauvre Phineas P. Gage. Le 13 septembre 1848, à la suite d'une explosion, ce contremaître américain de 25 ans reçut à travers le visage une barre à mines qui pénétra par la joue gauche, traversa le cerveau et ressortit au sommet du crâne. Dans sa course, elle lésa une partie du lobe frontal. Au grand étonnement de sa famille et de son médecin, Gage se remit assez vite de l'accident, mais on constata qu'il n'éprouvait plus aucune émotion. Ce fut dès lors un homme à la dérive, incapable de la moindre décision "rationnelle". Privé d'émotions, son intellect tournait en rond sans trouver ses repères.

Un peu de tendresse dans un monde de puces

«Les systèmes conçus en intelligence artificielle ne sont pas très différents [des cerveaux qui ont subi des lésions, comme celui de Gage], soutient Rosalynd Picard. Ils ont une grande expertise dans certains domaines, [...] mais ils manquent relativement d'intelligence pour prendre des décisions.» Les ordinateurs affectifs auront-ils cette intelligence-là?

L'intelligence artificielle a, décidément, quitté son "purgatoire". Son objectif affiché est désormais modeste : aider l'ordinateur à mieux nous comprendre pour mieux nous servir. Mais son ancien rêve, la création d'un homme électronique, s'immisce dans la conception de l'ordinateur affectif. Puisque l'intelligence humaine nécessite une bonne dose de sentiments, pourrons-nous un jour construire des ordinateurs qui éprouvent vraiment des émotions? Si elle a un sens, la question est loin d'avoir trouvé une réponse. @

PAR ANTOINE PERRIVIER



Les pirates à l'abordage d'Internet

"Crackers", "hackers" : les pirates informatiques ont deux visages. Les premiers sont des mercenaires à la solde des gouvernements et des entreprises. Les seconds sont des justiciers qui veulent purifier Internet. Tous mettent un malin plaisir à fracturer les systèmes les plus protégés.

J. REARDON/ATZ PICTURES

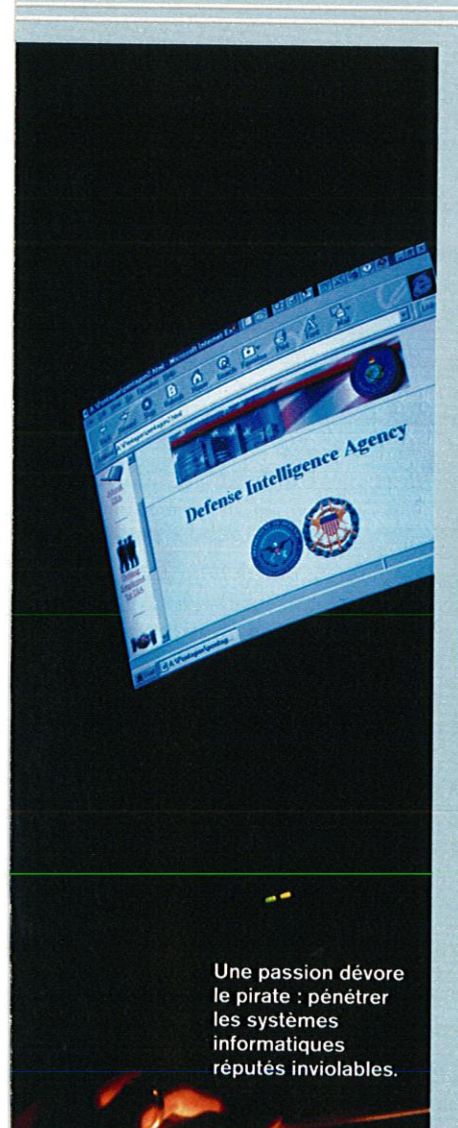
En Israël, Oren, 16 ans, veut épouser Ehud Tannenbaum, 18 ans, un lycéen fou d'informatique. Il faut dire qu'Ehud, alias Analyzer, est un as. A partir de son ordinateur personnel il a pénétré les serveurs (1) les plus protégés de la planète, comme ceux de la NASA, de l'US Air Force (armée de l'air américaine) et du centre de sous-marins de l'US Navy. C'est quand il s'est attaqué, en février dernier, au serveur du Pentagone (état-major des armées américaines) qu'il s'est fait repérer.

(1) Les serveurs sont les ordinateurs qui gèrent les ressources informatiques d'une organisation.

PIRATES AMÉRICAINS LORS DE LA GUERRE DU GOLFE

Selon le FBI, Ehud est un dangereux criminel informatique. Il est loin d'être le seul... Des centaines de jeunes "pirates" sévissent à travers le monde. Vont-ils semer le chaos dans les réseaux informatiques mondiaux?

Ehud a été arrêté par la police israélienne. Pour se défendre, il a expliqué qu'il n'avait ni volé ni détruit d'informations à caractère confidentiel. Ce qui l'excitait, c'était le défi technologique qui consiste à "fracturer" un serveur prétendument inattaquable. Et aussi la lutte contre le racisme et la pédophilie. Les pirates seraient-ils des "cyberjusticiers" ? Dans le monde clos des spécialistes, on distingue deux types de pirates : les "crackers" et les "hackers". Les crackers sont de véritables corsaires. Ils cherchent à nuire par tous les moyens : destruction d'informations, "plantage" de systèmes, injection de virus, vol



Une passion dévore le pirate : pénétrer les systèmes informatiques réputés inviolables.

de données confidentielles, chantage, etc. Leurs motivations sont d'ordre pécuniaire, stratégique, politique ou militaire. Récemment, des crackers travaillant pour le compte d'une compagnie aérienne américaine ont réussi à pirater le programme informatique des réservations d'American Airlines, de sorte à lui faire afficher systématiquement "complet" à chaque demande.

Les gouvernements mobilisent souvent les compétences redoutables et redoutées des crackers. Pendant la guerre du Golfe, les Etats-Unis n'ont pas hésité à recourir à eux pour bloquer à distance les transmissions informatiques et les télécommunications de l'Irak.

Ehud Tannenbaum, lui, n'appartient pas à la clique des mercenaires. Comme il le revendique haut et fort, c'est un hacker. Cette "caste" est née avec la micro-informatique. Ses membres sont des idéalistes, généralement engagés au service d'une cause qu'ils jugent noble. Et leur combat est un art. Ehud défendait la liberté d'accès à toute l'information et prônait un réseau Internet nettoyé des nombreux sites pédophiles ou racistes.

Leurs motivations sont d'ordre pécuniaire, politique ou militaire

L'hiver dernier, lors des Jeux olympiques de Nagano, la police japonaise a arrêté des militants écologistes sur le point d'intercepter toutes les communications officielles pour les remplacer, sur l'écran des ordinateurs, par l'image d'une baleine, afin de protester contre sa chasse en Norvège, où elle est toujours autorisée.

Avec l'avènement d'Internet, une nouvelle génération de hackers est apparue : les cypherpunks, qui veulent diffuser librement la pensée humaine grâce au réseau mondial. Leur mouvement est né en 1993, en opposition à un projet du gouvernement américain (nommé Cliper) dont l'objet était de surveiller les communications des citoyens des Etats-Unis. De puissantes machines devaient enregistrer l'ensemble des messages transmis, puis les traiter en fonction d'une liste de mots clefs pour y dénicher les plus "subversifs".

Partisans de la liberté d'expression, les hackers ont codé leurs messages afin de les rendre indéchiffrables. Cette procédure, réservée aux militaires, déclencha une guerre de tranchées... qui aboutit à la libéralisation du cryptage.

Quelles sont les techniques des pirates? Il en existe une multitude (voir encadré pages suivantes). Paradoxalement, elles sont, avec beaucoup de patience, à la portée de la plupart des informaticiens. Le Chaos Computer Club (CCC) – http://www.ccc.de/WarmWelcome.html –, une célèbre bande de hackers de Hambourg (Allemagne), a même fait une démonstration en direct sur une chaîne télévisée. Le grand "sport" des pirates consiste à trouver le point faible des systèmes d'exploitation (2).

De nombreux ordinateurs fonctionnent avec Windows NT, de la société Microsoft, dont le piratage est extrêmement simple. Sans doute pressés par leur chef suprême Bill Gates, les informaticiens qui ont développé ce système d'exploitation y ont laissé des "trous de sécurité". Ceux-ci permettent au pirate qui se connecte au système par Internet de récupérer les fichiers contenant les mots de passe qui donnent accès au cœur de la machine.

Pire encore : quelles que soient

(2) Le système d'exploitation est un programme qui gère l'ordinateur et ses périphériques (imprimante, clavier, etc.).

SITES PIRATES

- http://www.infowar.com
- http://www.l0pht.com/
- http://www.hackers-paradise.org/

Ces sites recensent les derniers exploits en date des pirates.

pl@net

ses versions, Windows enregistre toutes les actions de l'utilisateur, frappes sur le clavier, déplacements et "clics" de la souris, etc. Le pirate n'a qu'à créer une "application discrète" – un programme "invisible" mais actif dans le cerveau de la machine visée – qui s'active au démarrage de l'ordinateur. Injecté dans la machine cible via Internet, le programme espion enregistrera toutes les informations gérées par Windows, notamment les mots de passe, puis les fournira au hacker.

Quelle est la nuisance réelle des pirates informatiques ? Un exemple : l'an dernier, le site Internet de Microsoft a été attaqué deux fois en deux semaines. Un hacker avait activé un bogue (3) présent dans Windows NT et dans Windows 95 pour "craquer" le site du géant du logiciel. Conséquence : les millions de personnes qui s'y connectent quotidiennement n'ont pu y accéder. Les "ingénieurs réseau" de Microsoft ont mis vingt-cinq heures pour remettre le site en service.


N. HARNICK/AP-BOOMERANG

Souvent victimes des hackers, les entreprises s'adonnent elles aussi aux délices du piratage. C'est le cas de Microsoft, qui se présente pourtant comme la cible numéro 1 du piratage de logiciels. Un tribunal américain a requis contre elle une amende de 220 millions de dollars pour avoir "emprunté" certains programmes à Stac, spécialiste de la compression de données. De son côté, Apple a été accusé par Hewlett Packard d'avoir copié la majeure partie de son système d'exploitation reprenant le concept de bureau électronique, qui a fait le succès du Macintosh. Puis Apple a accusé Microsoft de l'avoir repris dans son système d'exploitation Windows 3.x, puis dans Windows 95...

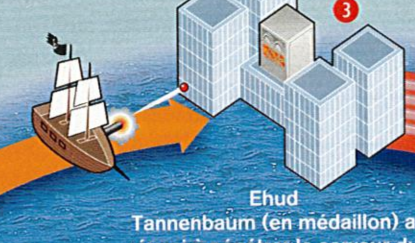
Victimes des hackers, les entreprises s'adonnent aussi au piratage

Par ailleurs, toutes les entreprises informatiques recrutent des "spécialistes de la sécurité". Ces personnes ont souvent acquis leurs compétences non pas sur les bancs des écoles d'ingénieurs, mais derrière un ordinateur à "craquer" tout ce qui est "craquable".

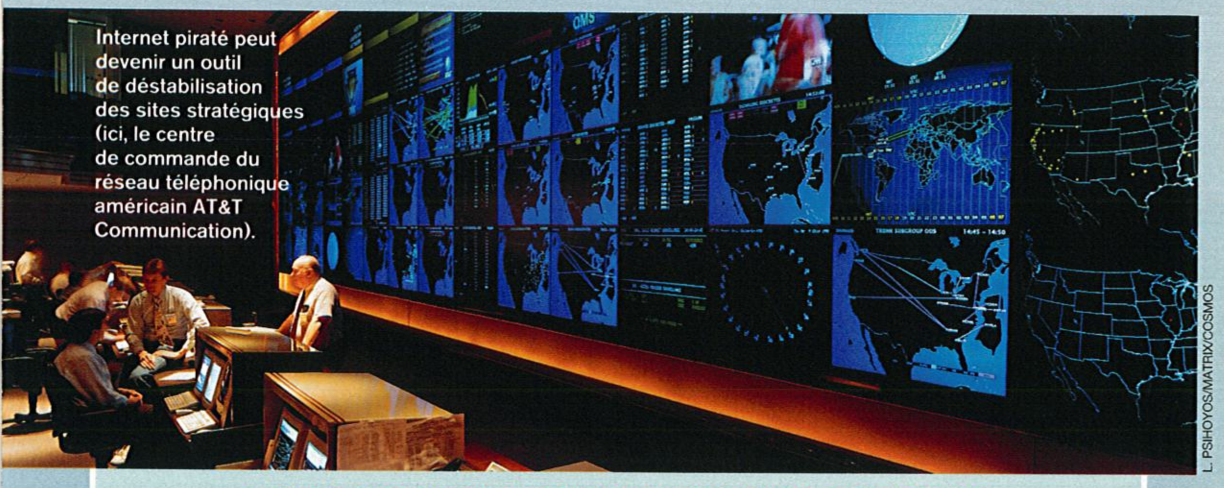
Les dégâts occasionnés par le piratage informatique se chiffrent en millions de francs. Et ils sont souvent irréversibles. En France, le Club de la sécurité des systèmes d'information français (CLUSIF) – http://www.clusif.asso.fr/ – tente de recenser les attaques informatiques : 1090 en 1996, pour un coût estimé à 12,7 milliards de francs. Mais le véritable coût du piratage est quasiment impossible à chiffrer. Car, si certains pirates se font prendre, beaucoup passent à travers les mailles du filet. Notamment les pirates en "col blanc" : des employés qui ven-

•••••••

(3) De l'anglais bug, "bestiole nuisible". En informatique, défaut d'un logiciel entraînant des anomalies de fonctionnement.



Ehud Tannenbaum (en médaillon) a réussi à pénétrer le serveur du Pentagone. Son PC personnel 1 n'étant pas assez puissant pour pirater les ordinateurs de cette institution très protégée 2, il s'est connecté par Internet aux superordinateurs de son université 3, qui sont reliés à des réseaux à gros débit tels que Telenet 4. Il s'est fait passer pour "superutilisateur", ce qui lui a donné accès à toutes les informations. En contrôlant ainsi la puissance de calcul et les connexions du superordinateur, il a réussi à "craquer" les machines de l'état-major des armées américaines.



Internet piraté peut devenir un outil de déstabilisation des sites stratégiques (ici, le centre de commande du réseau téléphonique américain AT&T Communication).

L. PSIHOYOS/MATRIX/COSMOS

LES PRINCIPALES TECHNIQUES DE PIRATAGE

• L'ingénierie sociale (*social engineering*)
Le pirate tend un piège à sa victime en lui faisant révéler son mot de passe. Il lui envoie un message pour l'informer que d'importants travaux administratifs sont en cours et qu'il a absolument besoin de son mot de passe. Un bon pirate sait se faire passer pour quelqu'un d'autre.

• Le reniflement (*sniffing*)
Le pirate reprogramme l'ordinateur pour qu'il intercepte chaque message qui traverse le réseau, même si celui-ci ne lui est pas adressé.

• L'adresse factice (*IP spoofing*)
L'adresse d'un ordinateur, Internet Provider (IP), qui permet de le reconnaître sur le réseau, est unique. Elle est octroyée par des services spécialisés et certifiés. Un pirate peut parfaitement modifier celle de son ordinateur et se faire passer pour quelqu'un de connu du serveur victime.

• Le cheval de Troie
C'est un programme nuisible qui se dissimule dans un programme quelconque. Quand ce dernier est lancé, le programme caché s'active également. En 1995, n'importe qui pouvait pénétrer dans un serveur Unix infiltré par un cheval de Troie.

• Les vers
Il s'agit d'agents intelligents autonomes capables de se propager et de se dupliquer seuls. Ce type d'attaque est de plus en plus rare, car les serveurs se diversifient. Mais l'uniformisation de Windows NT risque fort de les faire resurgir.

• Les trappes
Ce sont des points d'entrée volontairement créés par les concepteurs des systèmes d'exploitation. Les trappes ignorent toutes les mesures de sécurité. En 1983, Ken Thompson, l'un des auteurs d'Unix, révéla l'existence d'une trappe. Grâce à une commande spécifique, il se connectait sur n'importe quel système.

• Force brute
Technique qui consiste à trouver les mots de passe d'un serveur afin d'y pénétrer. Le pirate écrit un programme qui compare des millions de mots, extraits d'une encyclopédie sur CD-Rom, aux mots de passe du serveur. Il existe sur Internet des programmes tout prêts, dont le plus connu se nomme Sorcerer's Crypt.

dent des informations confidentielles de leur entreprise ou effectuent des transferts de fonds.

Prudence donc. Les sociétés ou les particuliers qui créent un site Web doivent redoubler de vigilance. Un pirate peut accéder au serveur qui héberge le site, modifier les informations qu'il contient et porter atteinte à l'image de l'entreprise. Le risque est d'autant plus grand que le site peut échapper à tout contrôle, car il est souvent sous la responsabilité du département marketing ou communication, pas toujours compétent en la matière.

Dès lors, comment se protéger du piratage? La seule armure efficace réside dans la loi. En France, les pirates risquent de 2 000 à 100 000 F d'amende et de deux mois à deux ans de prison. Un autre bouclier vient des pirates eux-mêmes. Car un hacker travaillant pour son compte personnel sera rejeté par sa communauté, éthique "cypherpunk" oblige.

Mais c'est le jour où les ordinateurs contrôleront tout que les hackers livreront leur véritable bataille : pour injecter quelques grammes de poésie dans un monde trop binaire... @

Science-fiction

Lune 2119 le nouveau

En s'installant aux commandes, Korben prit le temps de jeter un coup d'œil par le hublot. À quelques dizaines de kilomètres défilaient les reliefs adoucis de la Lune. Immédiatement, malgré les ombres démesurément longues du crépuscule qui zébraient le paysage, il reconnut l'enceinte circulaire du cratère Archimède, isolé sur le bord oriental de la mer des Pluies. Rien de plus facile : en son sein, déjà largement plongé dans la nuit, brillaient d'un vif éclat bleuté les milliers de lumières de la grande métropole lunaire.

Korben regarda pensivement, non loin de là, la piste d'envol sur laquelle, en compagnie de son équipage de six astronautes, il avait appareillé quelques heures auparavant pour regagner l'orbite basse. Au bout de quelques minutes de navigation, leur navette avait accosté le flanc de l'énorme vaisseau. Et maintenant, tous les sept se trouvaient à bord du titanesque astronef, prêts à quitter la Lune pour le plus fabuleux voyage jamais entrepris : l'exploration des quatre grands satellites de Jupiter.

Dans quelques minutes, ils ac-

En route pour Jupiter

Après avoir colonisé la Lune pour assurer l'avenir de la Terre, l'humanité s'intéresse aux autres planètes et aux étoiles. Un premier vaisseau d'exploration s'élance vers Jupiter.

MD★ Kargo
J-26

PAR PHILIPPE HENAREJOS

paradis terrestre

A l'aube du XXIIe siècle, les hommes ont colonisé la Lune. Ils y vivent, y travaillent, y fabriquent des richesses. Epargnée par la pollution, la Terre est redevenue belle. Sept astronautes s'apprêtent à quitter notre satellite pour aller explorer le monde de Jupiter...

DESSINS DREAM INK

tionneraient les moteurs chimiques pour échapper à l'attraction lunaire et rejoindre une orbite solaire. Dans quelques jours, ils pourraient procéder sans risque à la mise à feu du surpuissant moteur atomique qui les propulserait vers les espaces encore inexplorés qui s'étendent au-delà de la ceinture d'astéroïdes. Au terme d'un voyage de trois mois, ils seraient les premiers humains à fouler le sol glacé de Ganymède, de Callisto et peut-être d'Europe, si les conditions les autorisaient à se poser sans danger sur sa banquise craquelée.

Depuis peu d'années, une colonie de quelques milliers d'individus s'était installée sur Mars et y vivait en totale autonomie. Les allées et venues entre la Terre et la planète rouge avaient permis de tester la toute nouvelle propulsion atomique, grâce à laquelle le voyage ne prenait désormais que quelques semaines. En cette année 2119, Korben et ses équipiers allaient la mettre à profit pour visiter de nouveaux mondes. Déjà, dans l'esprit de tous, se profilait un avenir glorieux.

PORTE OUVERTE SUR LES ÉTOILES

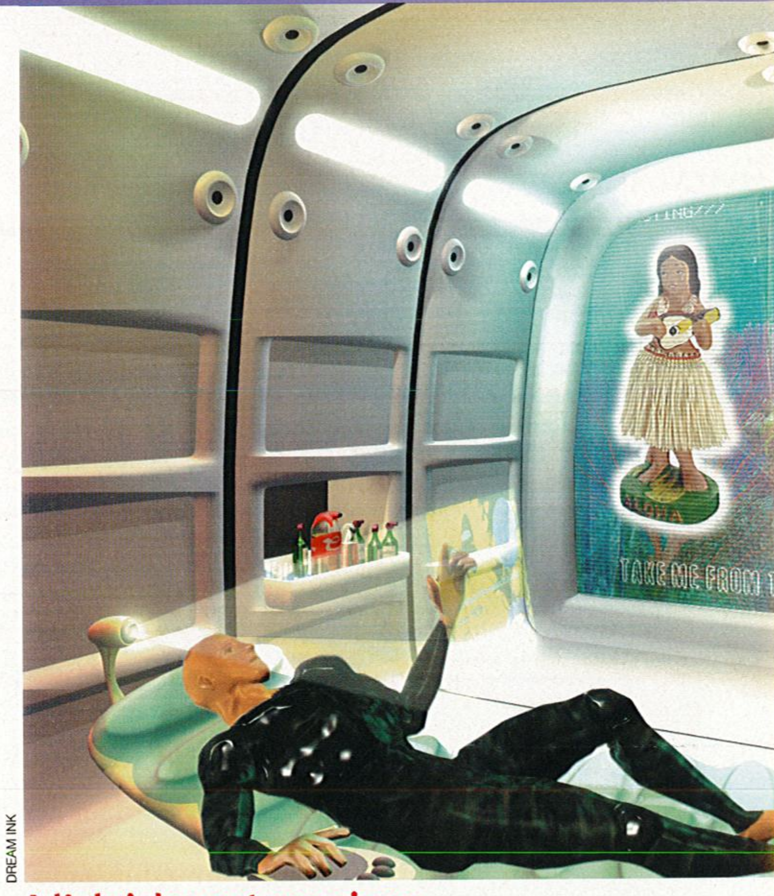
Si la mission réussissait, les richesses de Jupiter seraient à portée de main – particulièrement les énormes quantités d'hydrogène nécessaires au carburant des vaisseaux spatiaux – ; elles ouvriraient la voie à la découverte du système solaire externe et, sans doute, à la grande traversée vers les étoiles proches, Alpha du Centaure ou Sirius...

C'est à la Lune que tous ces rêves devaient leur prochaine concrétisation. Sans la présence de cet énorme satellite naturel autour de la Terre, jamais l'humanité n'aurait pu envisager si vite de se lancer à la conquête d'autres planètes. Dotée de ressources minérales abondantes et d'une gravité six fois inférieure à celle de la Terre, la Lune avait offert une plate-forme idéale de construction et de lancement des vaisseaux spatiaux. C'était une porte ouverte sur les étoiles... Et "décrocher la Lune", cette archaïque expression, devait désormais se traduire par "décrocher les étoiles".

Encore fallait-il y songer... Admirant l'hémisphère nocturne de la Lune constellé de lumières urbaines, Korben songea qu'il n'avait jamais connu la Lune déserte. Aujourd'hui, ce globe de couleur cendre abritait en permanence plus de trois millions de personnes. Si de vastes régions demeuraient vierges, les traces de l'occupation humaine ne pouvaient plus échapper au regard. Les sillons rectilignes des voies du monorail reliaient d'étranges agglomérations aux allures d'usines, d'où s'élevaient des colonnes de gaz luminescent. De larges étendues étaient couvertes de panneaux solaires ou excavées par les lourds engins d'exploitation des mines à ciel ouvert. On pouvait les voir aisément de la Terre à l'aide d'un petit télescope.

Aussi Korben avait-il peine à imaginer ce qu'avaient pu ressentir Neil Armstrong et la poignée d'autres hommes qui, cent cinquante ans plus tôt, s'étaient aventurés sur l'astre désolé à bord de leurs frêles vaisseaux. Il pesait avec reconnaissance le mérite de ceux qui, à la fin du XX[e] siècle, contre vents et marées, avaient mesuré l'importance d'une installation lunaire.

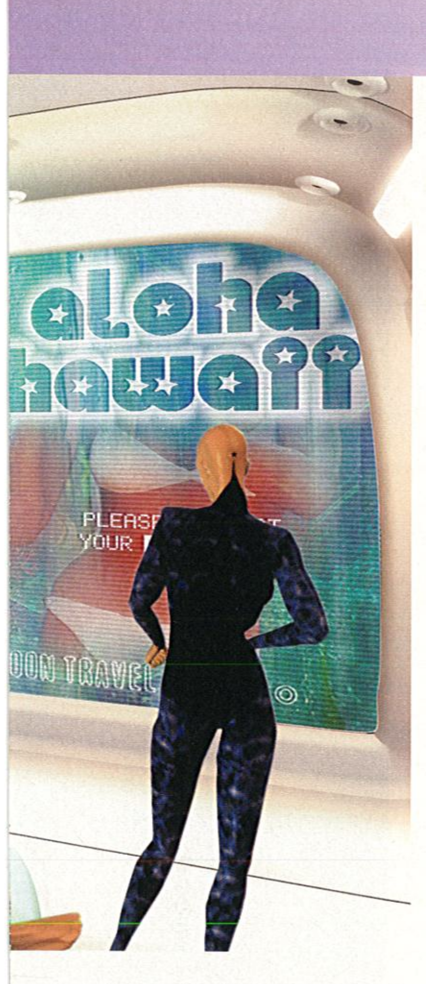
A l'époque, plus de trente ans s'étaient écoulés sans qu'aucun astronaute revienne arpenter le basalte lunaire. Et ils n'étaient que quelques-uns, disséminés au sein des agences spatiales, à envisager le bouleversement qui allait survenir. Sans doute avait-il fallu atteindre un point de rupture pour que cette révolution pacifique se produise. L'un des domaines où les menaces se faisaient particulièrement pressantes était la pollution...



DREAM INK

A l'abri du vent cosmique

Les colons venus vivre sur la Lune mènent une existence souterraine, imposée par les rayonnements nocifs qui bombardent la surface.



Comme l'Europe le fit en Asie, en 2100, la Terre délocalise sur la Lune

La production sans cesse plus massive d'énergie avait pour inévitable corollaire l'accumulation des déchets. Pour fabriquer de l'électricité, il fallait soit brûler du charbon dans des centrales thermiques, soit brûler des hydrocarbures dans des centrales au fuel, soit encore casser des atomes dans des centrales nucléaires. Les deux premiers procédés rejetaient des gaz à effet de serre dans l'atmosphère; le troisième présentait des risques de contamination radioactive. Mais l'énergie n'était pas la seule coupable : toute l'industrie polluait. Et même l'agriculture! Si bien que les terres et les océans, qui n'ont jamais été infinis, avaient de plus en plus de mal à absorber ces substances néfastes.

Exporter sur la Lune les industries polluantes était une idée audacieuse. Aux dirigeants politiques de l'époque la tâche avait dû sembler insurmontable. On avait pris pour des fous ceux qui osaient l'évoquer. Or, dans ces années-là, les nations qui maîtrisaient la technologie spatiale avaient entrepris d'assembler en orbite autour de la Terre une station spatiale internationale. Des voix s'étaient timidement élevées pour avancer qu'avec le même budget on aurait pu tout aussi bien édifier une base lunaire permanente.

Quelques décennies plus tard, ce fantastique projet était mené à son terme. L'affaire n'était pas allée sans mal. Entre-temps, il avait fallu convaincre les dirigeants politiques d'envisager l'espace en termes économiques et non plus scientifiques. D'audacieux responsables de l'Agence spatiale européenne avaient trouvé les arguments décisifs... Tout en montrant les avantages d'une implantation lunaire, ils avaient malicieusement rappelé que l'amélioration d'un modèle de voiture – alors à essence – coûtait autant d'argent qu'une mission automatique d'exploration spatiale dans le système solaire. Non sans réticences, les industriels avaient fini par se ranger à ces vues, et la première base lunaire avait vu le jour grâce à leurs investissements.

Pourtant, il paraissait bien incongru de songer à s'établir sur la Lune pour fabriquer des biens destinés aux populations terrestres. C'est comme si un industriel européen du XIXe siècle avait prétendu transférer ses usines en Asie pour vendre ses produits manufacturés sur le marché européen! Or, c'est ce qui s'était passé au siècle suivant...

Cent ans plus tard, s'expatrier sur la Lune se révélait plus facile, au moins techniquement. Avec la première base sélène, de formidables espaces nouveaux, regorgeant de richesses, s'étaient ouverts à l'exploitation. La recherche appliquée avait rapidement investi cet avant-poste.

En quelques années, les perspectives offertes par la Lune avaient séduit les industriels. Grâce aux minerais trouvés sur place, certains purent produire toutes sortes de biens. D'autres firent venir les matières premières de la Terre pour les transformer sur la Lune, puis les expédier sur notre planète.

Ayant accompli une demi-orbite, Korben put s'émerveiller du lever du Soleil derrière les montagnes lunaires. Juste avant cet instant, il vit l'horizon s'embraser et former un mince croissant autour de la petite planète.

UNE ATMOSPHÈRE FAITE DE REJETS POLLUANTS

A quoi était dû ce phénomène de luminescence? A la fine atmosphère qui ceignait maintenant la Lune. Constituée des rejets polluants des nombreuses industries, celle-ci s'évaporait en permanence dans l'espace : la gravité lunaire ne suffisait pas à la retenir. L'atmosphère qui demeurait en suspens n'était que le fruit d'un incessant renouvellement. Quant aux gaz toxiques qui la composaient, ils subissaient l'intense bombardement du vent solaire, si bien qu'ils se dissociaient rapidement en éléments fondamentaux ensuite dispersés dans l'espace.

Pourquoi, sur l'hémisphère éclairé par le Soleil, les installations

humaines semblaient-elles beaucoup plus discrètes que sur l'hémisphère nocturne? Parce que la plupart des constructions avaient été aménagées sous la surface. C'était le seul moyen d'échapper aux redoutables rayonnements cosmiques venus de toute la galaxie. Sans la protection d'une dense atmosphère, comparable à celle de la Terre, en un an, un être humain aurait reçu six fois la dose qu'il pouvait tolérer, ce qui se serait traduit par l'apparition de cancers. Il suffisait de s'enfouir de quelques dizaines de centimètres sous la surface lunaire pour s'y soustraire.

Les seules constructions qui émergeaient étaient certaines usines, en particulier les centrales nucléaires et solaires de production d'énergie. Bâties dans des régions éloignées de toute habitation, elles étaient bordées de pistes d'atterrissage et de vastes collimateurs de micro-ondes destinés à envoyer l'énergie sur la Terre grâce à un jeu de satellites. La première centrale à fusion nucléaire expérimentale se dressait dans la mer du Froid.

LE SIÈCLE DU RECYCLAGE

En fusionnant avec le deutérium trouvé dans les océans terrestres, l'hélium 3, abondant à la surface de la Lune, devait procurer une source d'énergie fiable. Toutefois, on n'avait pas encore testé la technologie nécessaire à sa mise en œuvre.

Visibles aussi étaient les centres de production d'air et d'eau à partir des ressources du sol. Si, au début de la colonisation, il avait fallu apporter l'oxygène de la Terre et extraire l'eau contenue dans le régolithe du pôle sud de la Lune, aujourd'hui, ces deux éléments indispensables à la vie étaient entièrement fabriqués sur place à partir de l'oxygène et de l'hydrogène contenus dans le sol.

Korben voyait aussi les serres agricoles jalonner la surface de l'astre blafard. D'ingénieux systèmes de volets et de miroirs en orbite octroyaient aux plantes l'ensoleillement idéal. Autrefois plus hostile que le plus sec des déserts terrestres, le sol de la Lune était désormais un fertile jardin.

Les biens, agricoles et industriels, étaient acheminés vers la Terre par une noria de vaisseaux spatiaux. Construits en série sur la colonie, ces astronefs – navettes réutilisables et cargos "jetables" – étaient d'un coût de fabrication modeste. Lorsqu'ils arrivaient au terme de leur vie, on récupérait et on recyclait leur métal, comme on le faisait de presque toute chose en ce XXIIe siècle.

Une noria de vaisseaux spatiaux convoie la production lunaire jusqu'à la Terre

De temps à autre, le Soleil se reflétait sur les structures métalliques des instruments astronomiques disposés au fond des larges cratères météoritiques. L'hémisphère opposé à la Terre accueillait les radiotélescopes, relativement protégés de la pollution hertzienne que propagent les télécommunications autour de la planète bleue. Les plus grands télescopes étaient éparpillés sur l'ensemble de la Lune. Rares étaient les observatoires terrestres qui conservaient une activité de recherche depuis que de nombreux sites sélènes offraient un point de vue inégalable sur l'Univers.

Parvenu au terme de son orbite, le lourd vaisseau atomique en route pour Jupiter était maintenant paré pour la mise à feu. Korben vérifia une dernière fois sa *"check-list"* et accorda toute son attention au décompte égrené par les ingénieurs de la base d'Archimède. Il jeta un ultime coup d'œil à cette planète sur laquelle il avait passé tant d'années... Nul ne restait plus de quatre mois d'affilée sur la Lune. Certes, les villes souterraines y étaient agréables. Comme celles de la Terre, elles avaient des rues, des avenues et des places où circulaient piétons et véhicules


DREAM INK



Le désert devenu jardin

Protégées par des dômes, les cultures lunaires bénéficient d'un ensoleillement parfaitement maîtrisé : des panneaux obturateurs de lumière et des éclairages artificiels recréent l'alternance jour-nuit terrestre. Car le jour lunaire dure quinze jours terrestres...

électriques. Elles étaient agrémentées d'aires de détente bordées de petits lacs où l'on se baignait à loisir sous la voûte étoilée que les dômes laissaient contempler.

Des athlètes s'ébattaient sur les stades, et la première édition des Jeux olympiques lunaires, organisés tous les quatre ans, remontait à 2080. Les performances, que la faible gravité lunaire rendait incomparablement supérieures à celles qu'on accomplissait sur la Terre, avaient d'abord intrigué, puis passionné le monde entier. A l'occasion de leurs vacances, les travailleurs rentraient généralement sur la Terre, pour jouir d'une planète libérée des lourdes menaces qui pesaient sur elle moins de deux siècles auparavant.

POUR LE MEILLEUR ET POUR LE PIRE

Au moment d'allumer les moteurs chimiques du vaisseau, Korben songea tristement que tout n'allait pourtant pas pour le mieux dans le meilleur des mondes. Sur Terre, les guerres n'avaient pas cessé. Certains conflits avaient même accompagné les humains sur la Lune. En dépit des rêves formulés par les précurseurs de cette aventure à la fin du XX[e] siècle, tous les hommes n'avaient pas profité de la colonisation du nouveau monde.

Mais l'avenir semblait moins sombre. Car la Terre, redevenue propre, était toujours habitable, toujours aussi belle. Reprenant le flambeau de l'exploration allumé voilà plusieurs millions d'années, quand une poignée d'hommes préhistoriques avaient décidé de franchir un fleuve ou une montagne, Korben s'envolait vers des contrées inconnues... ■

Conso

PAR HENRI-PIERRE PENEL
ET JEAN-LUC GLOCK

Le retour du guerrier

Le Samurai 4000 IX est un appareil-photo APS inspiré du Samurai X 4.0 (en noir sur la photo), lancé au Japon dans les années 80, qui utilisait un curieux demi-format 18 x 24 mm. Avec un film 135, on obtenait 72 photos. Faute de laboratoires adaptés au traitement du format 18 x 24 dans les autres pays, il n'est jamais sorti de l'archipel nippon. La forme du Samurai X 4.0 avait permis de le doter d'un zoom puissant. Grâce au format APS, son concept général a été repris et le nouveau Samurai APS bénéficie d'un zoom x 4 de focale 30-120 mm (équivalent d'un 37,5-150 mm), d'ouverture f: 4,5-9,9, l'un des plus puissants du marché des compacts APS. Prix : 1 990 F.

A cause de la faible ouverture du zoom, il faut veiller à utiliser des films ultra-rapides. Un bon point : le Samurai 4000 IX permet de changer de film en cours d'utilisation.



L'œil de la console

La célèbre console de poche de Nintendo se transforme en appareil-photo numérique. Il suffit d'enficher une microscopique caméra vidéo noir et blanc dans le logement de la cartouche de jeu. Mais la prise de vue n'est pas sa seule fonction. Sur l'écran, des menus permettent de retoucher les clichés, d'effectuer des montages et même de réaliser un minifilm d'animation. Grâce à une petite imprimante auxiliaire, on peut faire des étiquettes autocollantes personnalisées. Prix : 349 F ; option imprimante, 399 F.

Cette cartouche peut stocker jusqu'à trente photos, mais à très basse résolution.



Superbe plastique

La société Satas commercialise une gamme de machines à plastifier qui intéressera tous ceux qui sont appelés à manipuler des documents. Documents destinés à l'affichage, menus, notices techniques, diplômes, photographies, dessins, mais aussi supports PLV destinés aux showrooms et aux salons, chemises personnalisées, etc. Premier modèle : le Plasti Pochette, qui traite les documents du format badge au format 30,3 cm x 42,6 cm. En fonction de l'épaisseur du film plastique, le préréglage du chauffage des rouleaux en silicone de la machine, ainsi que la vitesse de défilement, s'effectuent au moyen d'une touche sur le panneau de contrôle numérique. Il existe une grande variété de pochettes : de 38 à 250 micromètres (pour une rigidité parfaite). Prix : de 7 000 F (la Plasti Pochette) à 45 000 F (la Plasti 105R, qui peut plastifier des documents de 105 cm de largeur).

Le traitement du format A3 et la variété des fournitures en font une machine très attrayante, qui peut rapidement devenir rentable.

Pêches en tout genre

La polyvalence du moulinet Orca 70 Super de Mitchell en fait un outil parfaitement adapté aux diverses techniques de pêche. Si son traitement anticorrosion le destine à la pêche en mer, sa grande capacité et sa robustesse autorisent son emploi pour la prise de gros poissons d'eau douce, carpes, brochets ou silures. Prix : 570 F.

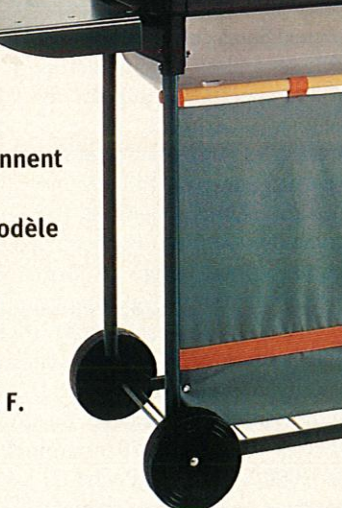
Ce moulinet doit sa robustesse et sa longévité à un axe et à un galet surdimensionnés en inox, alliés à trois roulements en inox et à un pignon en bronze.

Service personnalisé

Radiomessager haut de gamme, Expresso de France Télécom se caractérise par la personnalisation du service. Quand on compose le numéro, une hôtesse annonce le nom du possesseur du radiomessager. Voilà qui tranche sur les messageries habituelles, souvent anonymes. Prix : 590 F.



Grâce à ses nombreux canaux, le récepteur Expresso transmet en permanence un grand nombre d'informations : actualités nationales et internationales, météo, état de la circulation, sport, etc.



Cuisson volcanique

Nouvelle génération de barbecues chez Campingaz, les Eldorado. Très en vogue en Amérique du Nord, ils fonctionnent au gaz et à la pierre de lave. Atteinte en dix minutes, la température de cuisson est aisément modulable. Le modèle RBS Classic fait appel au Radient Burner System (RBS), système qui remplace les brûleurs horizontaux par deux brûleurs verticaux en céramique à chaleur rayonnante. Ils chauffent la pierre de lave en diagonale, ce qui réduit les émanations et les remontées de flammes. Prix : 1600 F.

La gamme Eldorado compte neuf modèles, de 800 F à 3200 F.

Le bon tuyau

L'année dernière, Tricoflex lançait le tuyau d'arrosage Super Tricoflex 2000, dont la structure multicouche en PVC alvéolaire empêche le tuyau d'arrêter le passage de l'eau quand il forme un coude. Aujourd'hui, Tricoflex ajoute à son innovation un raccord en laiton qui permet de brancher le tuyau sans recourir à un collier, dont la fixation est souvent approximative. Long de 20 m, ce tuyau bénéficie d'une armature en fibre polyester tricotée qui améliore sa souplesse et sa légèreté. Prix : 270 F.

Une finition exemplaire. Garanti quinze ans (!).

Panser ses plaies

Bobos et ampoules sont la plaie des vacanciers qui renouent avec le sport ou la vie en plein air. Tricosteril a mis au point un pansement blanc pour soigner les éraflures et un pansement chair pour les ampoules. Ils sont dotés d'une membrane en polyuréthanne dit "dermo-reconstituant". Cette membrane micro-aérée et imperméable a la particularité d'absorber les sécrétions, ce qui évite la macération : la cicatrisation est ainsi favorisée. Prix : 39,50 F la boîte de cinq pansements (deux au format 7 x 8 cm, trois au format 6 x 7 cm); 29,50 F la boîte de cinq pansements pour les ampoules.

De son côté, la société 3M commercialise un pansement – transparent – imperméable à l'eau et aux bactéries, doté d'un adhésif hypoallergénique. Prix : 26 F la boîte de quinze pansements.

Une nouvelle génération de pansements souples.



Conso

PAR HENRI-PIERRE PENEL

L'intelligence de l'étiquette

Activée par radio, l'étiquette "intelligente" permettra demain de franchir les caisses des grandes surfaces sans devoir vider son chariot. Mais ce n'est pas son seul avantage…

La radio-étiquette détrônera-t-elle le code-barre? Son cœur, une puce comparable à celles des cartes bancaires, stocke une multitude d'informations dans sa mémoire de 2 kilo-octets. A terme, elle pourrait même faire office de certificat de garantie.

La société française GemPlus, spécialiste des cartes à puces, dispose déjà de ce type d'étiquette, le Tag. Cependant, son coût de fabrication – environ 5 F – est trop élevé pour qu'on puisse l'apposer sur des produits de consommation courante. C'est donc l'industrie qui s'en sert, pour assurer le suivi de la production. Mais la fabrication de masse qu'entraînera l'emploi des radio-étiquettes dans la grande distribution – estimée à plusieurs dizaines de millions d'uni-



Au bonheur des paresseux

Inutile de vider ce chariot pour établir la facturation. Discrètes, mais bavardes, les radio-étiquettes communiquent à la caisse le prix de l'article sur lequel elles sont collées.

FOTOGRAM STONE/ P. BANKO – GEMPLUS

tés par an – fera chuter ce coût à quelques dizaines de centimes.

GemPlus et le géant américain des semi-conducteurs Texas Instruments, entre autres, travaillent à ce projet. Il faut encore optimiser les caractéristiques techniques des radio-étiquettes pour qu'elles s'acquittent parfaitement de leur nouvelle mission.

Périfem, l'association technique du commerce et de la distribution, organise actuellement une série de tables rondes pour définir l'étiquetage de demain. Selon Sophie Gillier, chargée de communication chez Périfem, la radio-étiquette intéresse tous les "acteurs" d'un produit, de la fabrication à la vente. « Nous avons réuni au sein de commissions la plupart des enseignes de la grande distribution telles que Carrefour, Leclerc, Casino et bien d'autres, mais aussi les transporteurs, les emballeurs et les fournisseurs. Nous élaborons un cahier des charges, et deux expériences pilotes vont bientôt démarrer. Ces tests concerneront des textiles de la firme Bresso-Maude et des articles de la gamme Pernod-Ricard. »

Pour que l'étiquette électronique présente un réel avantage sur le code-barre, il faut pouvoir la lire quand les marchandises se trouvent en vrac dans un chariot. Il faut donc employer un dispositif de lecture sans contact ni balayage optique. D'où le choix d'une liaison par induction électromagnétique, qui "active" la puce et échange des données avec elle.

Le "lecteur" porte une boucle d'induction : une bobine de fil de cuivre, que parcourt un courant haute fréquence. Les étiquettes ont aussi quelques spires conductrices dans l'épaisseur de leur papier autocollant. Soumises au champ du lecteur, ces spires fournissent la tension électrique d'alimentation



Dialogue magnétique à la caisse

Dès que le champ magnétique créé par le portique ❶ a activé les étiquettes ❷, ces dernières émettent, chacune à son tour, leur propre champ magnétique codé ❸, qui transmet les informations qu'elles contiennent. L'ordinateur n'a plus qu'à afficher la facture. La gestion du stock est, elle aussi, automatique.

de la puce. Pour envoyer des instructions à la puce, le lecteur module son intensité. Et, pour lui répondre, la puce émet à son tour un champ haute fréquence. Le "dialogue" s'effectue donc par l'intermédiaire du champ électromagnétique (voir dessin ci-dessus).

UNE MÉMOIRE QUI ÉCRIT L'HISTOIRE

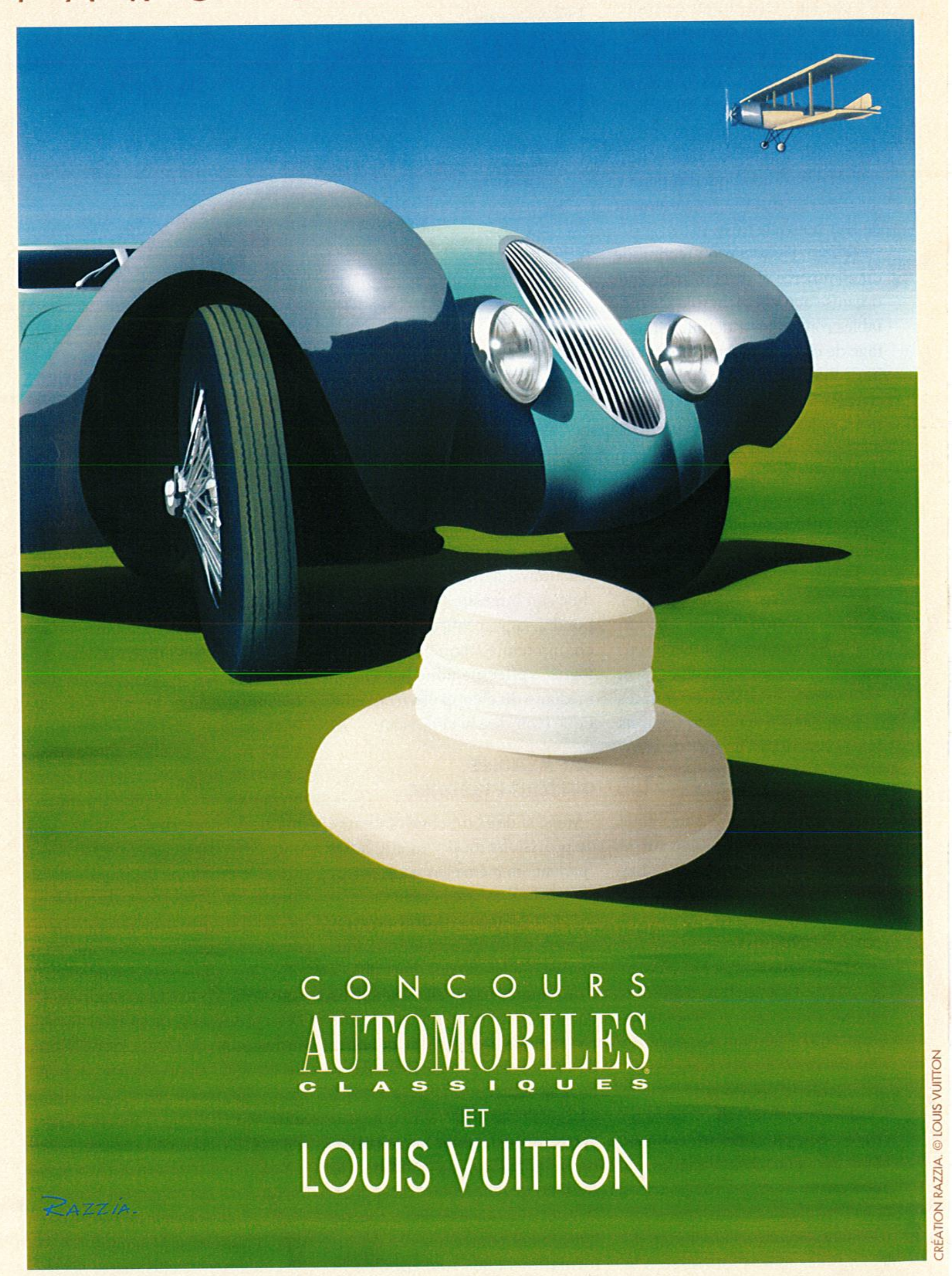
Mais, si dans un chariot chargé de provisions toutes les étiquettes "parlent" en même temps, le lecteur s'y perd : il est incapable de trier les informations. Il doit pouvoir "questionner" les étiquettes à tour de rôle. Celles-ci sont donc dotées d'un "numéro d'appel" codé sur 32 ou sur 64 bits (cette caractéristique n'est pas encore fixée), ce qui offre de 4 milliards à plus de 18 milliards de milliards de numéros!

La réelle supériorité du nouveau système sur le code-barre réside dans la faculté de modifier le contenu de la mémoire des puces. De la production à la vente, chaque intervenant pourra inscrire des informations dans une zone de la puce et, éventuellement, les rendre inaccessibles aux autres. Prenons l'exemple d'une étiquette apposée sur un téléviseur. En cas de panne, on pourra retracer l'histoire de l'appareil, puisque le numéro du lot de fabrication, la date et la durée de stockage en entrepôt, le nom du transporteur, le point de vente sont mémorisés. Si d'autres appareils du même type tombent en panne, en recoupant les informations renfermées dans les étiquettes, il sera facile de déterminer si le problème est imputable à un vice de fabrication, de stockage, de transport, ou bien s'il s'agit de cas isolés.

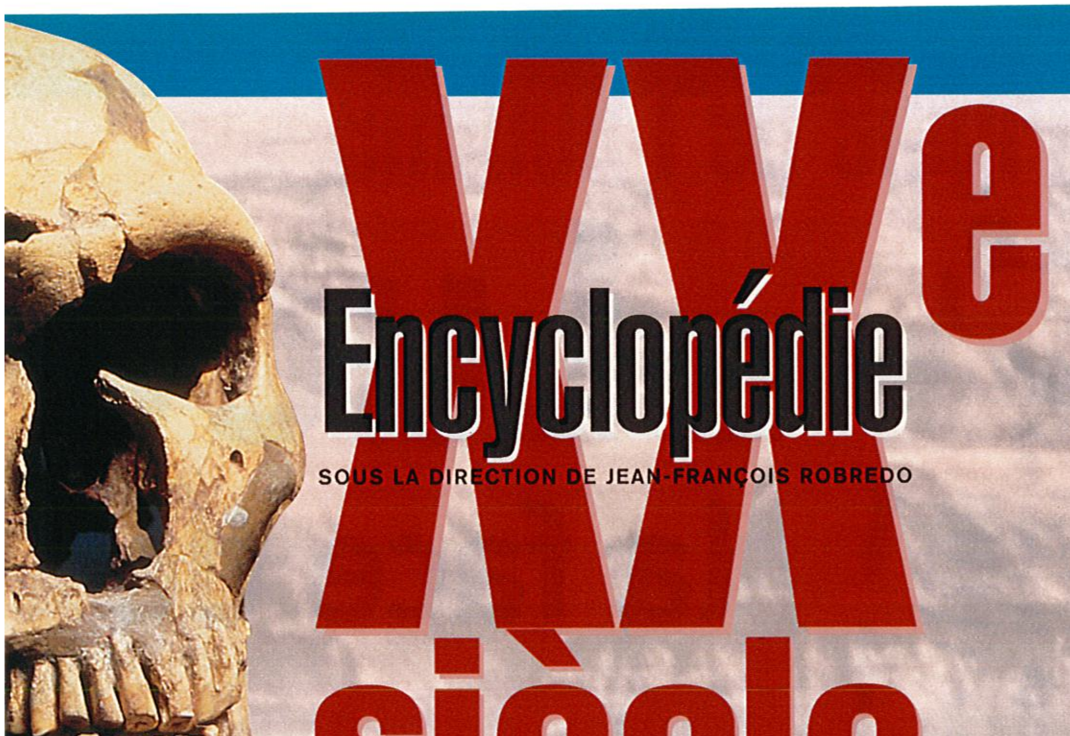
Ces étiquettes seront également une arme contre la contrefaçon. Des études portent en effet sur la sécurisation de l'accès au contenu de la puce. Pour séparer le bon grain de l'ivraie, l'horloger Ebel teste actuellement cette technologie sur ses montres.

Enfin, une fonction antivol sera inclus dans ces étiquettes. Lors du passage devant les caisses, elles mémoriseront le paiement. Si celui-ci n'a pas été effectué, le détecteur antivol se déclenchera... ■

PARC DE BAGATELLE



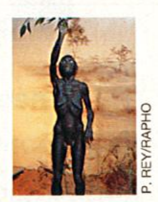
5 ET 6 SEPTEMBRE 1998



L'origine de l'homme

PAR CATHERINE CHAUVEAU

Et Lucy changea la face de l'homme


P. REY/RAPHO

p. 140

Beaucoup d'appelés, un seul élu

p. 146





Yves Coppens

p. 148

« Nous allons devoir redéfinir les espèces humaines »

Et Lucy la face de

En 1974, une équipe franco-américaine découvrait en Ethiopie AL.288-1, un australopithèque femelle d'à peine 1 m de hauteur. La fameuse Lucy était née. Elle allait bouleverser la paléontologie et nos vues sur l'origine de l'homme. Depuis, bien des découvertes ont enrichi un savoir en perpétuelle mutation.

J. READER/SPL/COSMOS

Midi déjà et rien de bien intéressant. Juste quelques dents et fragments d'os fossiles d'animaux, qui viennent s'ajouter aux nombreux autres déjà recueillis. Les paléontologues, en nage, commencent à être aveuglés par la réverbération. Il est temps de rentrer au camp. Encore un petit tour vers ce ravin, le dernier tour. Le bon. Un bout de bras, puis de fémur, quelques vertèbres et, tout près, des côtes…

Donald Johanson, un paléontologue américain, et Tom Gray, l'un de ses étudiants, viennent de découvrir, ce jour de novembre 1974, à Hadar, en Ethiopie, le plus ancien et le plus complet squelette d'homininé*, AL.288-1 – plus connu sous le nom de Lucy. Petit nom qui lui est donné le soir où Donald Johanson présente sa ve-

*Voir "Repères" double page suivante.

Cadeau du désert

Les os de Lucy ont été livrés par les sédiments très anciens qui affleurent à Hadar, en plein désert de l'Afar (Ethiopie).



changea l'homme...



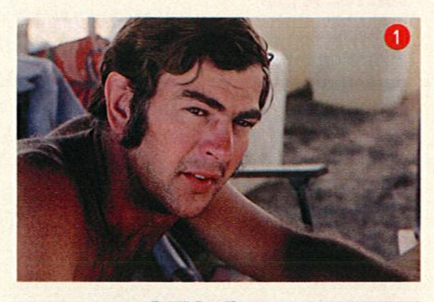
Un air de famille

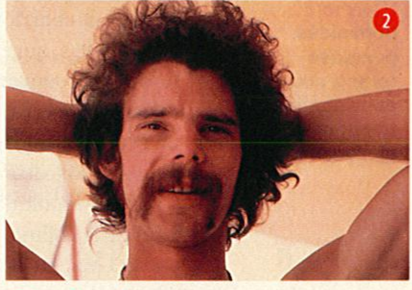
L'une des premières reconstitutions de la tête de Lucy, réalisée malgré le faible nombre d'os crâniens retrouvés. A gauche, son squelette "complet".

dette à l'équipe euphorique, tandis que se vident les bouteilles de champagne et que la chanson des Beatles, *Lucy in the sky with diamonds*, retentit dans le désert.

Cette étendue de roches, de cailloux et de sable, la formation géologique de Hadar, est un ancien lit de lac empli de sédiments, déposés au cours d'importants événements géologiques survenus entre 3,3 et 2,5 millions d'années (Ma). Elle se trouve dans le désert de l'Afar, zone de grande instabilité géologique, traversée par le Rift, cette grande faille qui s'ouvre dans l'écorce terrestre de la mer Rouge à la Tanzanie, mettant à nu des couches de terrain très anciennes. Donc des fossiles...

C'est le géologue français Maurice Taïeb qui la découvre à la fin des années 60. On espère alors y trouver des fossiles d'homininés plus anciens que ceux récoltés dans l'Est et le Sud de l'Afrique. Plusieurs de nos ancêtres sont alors connus ; l'âge des plus





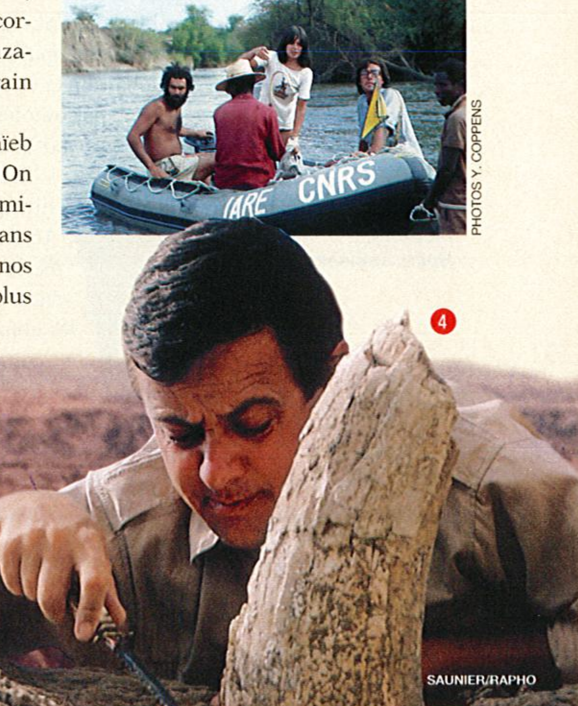
Quatre hommes et un fossile

L'équipe pluridisciplinaire qui a découvert Lucy : le paléontologue Donald Johanson ❶, son étudiant Tom Gray ❷, le géologue Maurice Taïeb (à droite sur le canot) ❸ et le paléontologue Yves Coppens ❹.

3

IARE CNRS

PHOTOS Y. COPPENS



SAUNIER/RAPHO

Origine de l'homme

REPÈRES

***Homininés :** australopithèques, paranthropes et humains.

***Paninés :** gorilles, chimpanzés et bonobos.

Hominidés : homininés et paninés.

Hominoïdes : hominidés, pongidés (orang-outan) et hylobatidés (gibbon et siamang).

vieux est estimé à environ 2 Ma. Le vétéran est *Australopithecus africanus*, suivi de près par *Australopithecus robustus* et par *Homo habilis*. La grande question de l'époque est de savoir lequel de ces deux-là descend du premier. En 1972, une expédition internationale, codirigée par les Américains John Kalb et Donald Johanson et par les Français Maurice Taïeb et Yves Coppens, part donc en repérage à Hadar.

Les fossiles se trouvent à même le sol, là où les ont charriés les pluies, rares mais torrentielles, qui entaillent les berges des ravins. En comparant les sédiments qui les recouvrent à ceux des strates géologiques, on peut déterminer de laquelle ils proviennent – et donc leur âge.

Lucy a déboulé d'une strate située tout en haut de la colline, ce qui permet de la dater de 3 Ma. Au lendemain de sa découverte, tout le gravier superficiel du site est ramassé puis trié sur de grands draps. Fragment d'os après fragment d'os se forme le corps d'un individu d'à peine 1 m de hauteur, une femelle adulte… une australopithèque impossible à ranger dans les cases existantes ! D'abord, elle est bipède, donc plus proche de nous qu'on n'aurait pu l'imaginer. Ensuite, elle est d'une nouvelle espèce, bientôt baptisée *Australopithecus afarensis* ("australopithèque de l'Afar") par Johanson et Coppens, associés au paléontologue américain Timothy White.

Mais les points de vue divergent. Pour les Américains, *Australopithecus afarensis* est l'ancêtre commun de tous les homininés ultérieurs, y compris ceux du genre *Homo*. Pour les Français, Lucy ne représente qu'une des nombreuses espèces d'australopithèques, et c'est une autre espèce qui a donné naissance à l'homme.

Mais quelle autre ? Aujourd'hui, certains paléontologues penchent en faveur d'*Australopithecus anamensis*, créée en 1995 par Meave Leakey pour des fossiles exhumés dans la région du lac Turkana (Kenya). Ses dents et sa tête sont proches de celles des australopithèques, mais le reste de son squelette, notamment ses os longs, est identique à celui de l'homme moderne.

LUCY DANS LES ARBRES

Au début des années 70, la paléontologie est en plein essor. L'espèce *afarensis* s'enrichit rapidement d'autres fossiles. Les expéditions se multiplient en Afrique – on parle d'une "ruée vers l'os". Plus personne ne doute que c'est sur ce continent qu'on trouvera les origines de l'homme.

Pendant tout le XIXᵉ siècle, les savants avaient hésité entre l'Europe, l'Afrique et l'Asie, partagés entre leur eurocentrisme et la recherche d'un "ancêtre" parmi les grands singes des colonies. En 1984, les généticiens tranchent en montrant que ce sont les paninés*, tous africains, qui sont génétiquement les plus proches des humains. Les paléontologues s'en doutaient, car c'est en Afrique qu'on trouve les fossiles d'homininés les plus anciens.

Les 40 % du squelette de Lucy retrouvés permettaient d'en restituer 70 %. On pouvait enfin dessiner un portrait-robot plus complet de l'ancêtre. C'était notamment la première fois qu'on trouvait des bras d'australopithèque. C'est pourtant récemment que le consensus s'est fait sur le mode de locomotion particulier de cette espèce : Lucy était capable de marcher debout, certes, mais elle continuait à évoluer dans les arbres. Les australopithèques avaient, en effet, de longs bras, une cage thoracique conique et de fortes attaches des épaules et du cou qui leur permettaient de se suspendre aux branches et de s'y mouvoir.

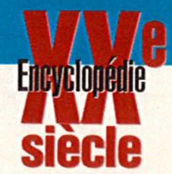
L'"hominisation" n'avait donc pas commencé par l'accroissement du cer-



Cousin disparu

Le pithécanthrope, ou "homme de Java" (présenté ici par le paléontologue Von Koenigewald), a disparu sous la pression démographique de l'"homme moderne", *Homo sapiens*.

UPI/CORBIS/SIPA

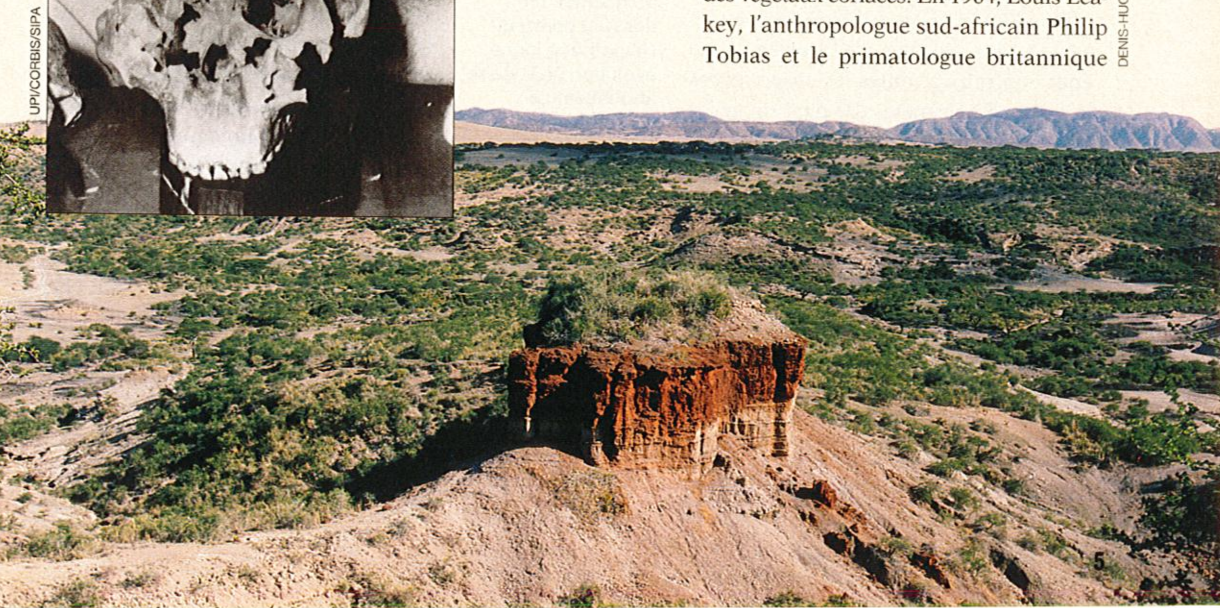


veau. Le crâne des australopithèques est proche de celui des chimpanzés, mais la forme de leurs molaires et leur aptitude à la bipédie les rapprochent de nous. Quand, en 1924, Raymond Dart découvrit le premier crâne de cette espèce et lui donna le nom d'australopithèque ("singe du sud"), il en fit, contre l'avis général, un intermédiaire entre les primates supérieurs et l'homme.

Cette belle évolution linéaire s'est brisée. On sait aujourd'hui que l'évolution du vivant ne peut se résumer à une transformation continue des organismes. Les espèces apparaissent, se modifient, disparaissent, selon des mécanismes qu'on appréhende encore mal. L'homme actuel, *Homo sapiens sapiens*, n'est pas l'aboutissement d'une lignée; il est simplement la seule espèce subsistante du genre *Homo*. Un genre qui ne fut pas facile à définir...

Louis et Mary Leakey fouillaient depuis 1931 dans les gorges d'Olduvai, en Tanzanie. Ils avaient trouvé de nombreux galets grossièrement taillés et des éclats de pierre : les premiers outils. Mais pas le moindre os de ceux qui les avaient fabriqués. Jusqu'en 1959, quand l'un d'eux pointa le nez... Stupeur! Ce n'était pas un humain, c'était un australopithèque! D'abord nommé *Zinjanthropus boisei* ("homme de Tanzanie de Charles Boise" – du nom d'un généreux mécène des Leakey), il a été récemment rebaptisé *Paranthropus boisei. Paranthropus* ("presque homme") est en effet le nouveau nom donné aux derniers des australopithèques, les *Australopithecus robustus*.

Le "premier homme", lui, n'est découvert que l'année suivante (du moins, son crâne et l'une de ses mains), à Olduvai. Plus petit que le paranthrope, il avait néanmoins un volume cérébral au moins égal au sien (600 cm^3). Il était omnivore, alors que *Paranthropus* était végétarien, doté d'impressionnantes mâchoires capables de broyer des végétaux coriaces. En 1964, Louis Leakey, l'anthropologue sud-africain Philip Tobias et le primatologue britannique



UPI/CORBIS/SIPA

DENIS-HUOT/HOAQUI

"Presque homme"!

En 1959, Mary et Louis Leakey (ci-contre) font une découverte stupéfiante dans les gorges de l'Olduvai, en Tanzanie (ci-dessous). Cet australopithèque de 1,8 million d'années, récemment rebaptisé *Paranthropus* ("presque homme") *boisei*, savait tailler des outils de pierre!

John Napier lui donnent le nom d'*Homo habilis* ("homme habile"). Et ils s'empressent de lui restituer les outils qu'on avait attribués – faute de mieux – à *Zinjanthropus*.

Aujourd'hui, on s'est rendu à l'évidence : l'homme n'est pas le seul à se servir d'instruments pour améliorer son geste. Il a simplement fait de cette aptitude naturelle une spécialité. Pourtant, les outils retrouvés à Hadar dans les strates contenant des *Australopithecus afarensis* ne leur sont toujours pas attribués.

Certains paléontologues rejetèrent ce premier homme : *Homo habilis* ne pouvait-il être un australopithèque? Sa stature distincte de celle de ses contemporains de type *A. robustus* n'était-elle pas due à une différenciation sexuelle (les graciles étant les femelles, et les robustes, les mâles)?

Ces arguments ne tenaient pas. Car les prétendues femelles auraient alors eu les canines plus saillantes que les mâles, ce qui était contraire à toutes les observations faites sur les primates. De plus, on ne les trouvait jamais dans les mêmes strates que les mâles, mais systématiquement dans des niveaux plus anciens. A la fin des années 70, la coexistence des genres *Homo* et *Australopithecus* (avec des spécimens mâles et femelles) est manifeste sur plusieurs des grands sites fossilifères africains.

Différencier des espèces est un exercice périlleux en paléontologie. Le principe d'interfécondité (1) n'est pas vérifiable sur les fossiles. Et les échelles de variabilité de l'espèce (différences entre individus, différences sexuelles, différences morphologiques au cours de la croissance, différences régionales) sont loin d'être mises en évidence.

Mais l'essor récent des études paléoenvironnementales (climat, relief, flore) et la connaissance des faunes anciennes permettent de replacer les espèces d'homininés dans leurs niches écologiques, donc de confirmer les hypothèses émises, d'après des critères morphologiques, sur leurs modes de locomotion et sur leur alimentation. Ces études viennent aussi étayer certaines hypothèses sur les causes d'émergence des homininés.

Ainsi, pour Yves Coppens, il faut chercher l'origine des homininés dans la modification du paysage en Afrique de l'Est vers 8 Ma. D'importants bouleversements géologiques provoquent le rehaussement des plateaux et l'effondrement des vallées, édifiant une barrière géographique et climatique. A l'ouest de la zone du Rift perdurent

L'enfance de la bipédie

Ces émouvantes traces de pas ont été laissées il y a 3,6 millions d'années par deux australopithèques bipèdes, un adulte et un enfant (Laetoli, Tanzanie).

Paranthropus* (anciennement *Australopithecus*) *robustus

Homo rudolfensis

Homo ergaster

La fin d'un mythe

La coexistence dans des sédiments du même âge (1,5 Ma) de trois espèces d'homininés archaïques (ci-dessus) contredit l'hypothèse d'une évolution unilinéaire aboutissant à l'homme actuel. Celui-ci serait l'unique espèce subsistante du genre *Homo*. A droite, l'homme de Neandertal et l'homme de Cro-Magnon, qui ont mêlé leurs cultures – mais pas leurs gènes – il y a de 50000 à 30000 ans.

(1) En zoologie, une espèce est définie comme un groupe d'individus capables d'engendrer d'autres individus féconds.

les forêts tropicales, où l'ancêtre commun évolue vers les ancêtres des grands singes actuels. A l'est, sous l'influence des moussons, la forêt décline au profit de la savane, où l'ancêtre commun évolue vers diverses espèces d'australopithèques.

Cette théorie est confortée par d'autres données : la date de différenciation entre l'homme et les grands singes, que les généticiens situent bien plus tard que 10 Ma; le modèle de formation des espèces par isolement géographique (les faunes d'Afrique orientale deviennent effectivement endémiques à cette époque); et la localisation exclusive en Afrique de l'Est des plus vieux fossiles d'australopithèques (datés de 6 à 3,5 Ma).

Homo sapiens neandertalensis

***Homo sapiens sapiens* (homme de Cro-Magnon)**

PHOTOS J. READER/SPL/COSMOS

L'apparition d'*Homo* – qu'on situe aujourd'hui en Afrique de l'Est et du Sud entre 3 et 2,5 Ma – aurait également pour cause une adaptation aux modifications environnementales. C'est l'époque où se forme la calotte polaire arctique, ce qui entraîne en Afrique de terribles sécheresses et un recul de la forêt. Dans la vallée de l'Omo, en Ethiopie, la faune se diversifie nettement : chevaux et babouins apparaissent. Pourquoi pas l'homme?

Cette hypothèse ne fait pas l'unanimité. Certains chercheurs donnent au contraire le premier rôle aux mutations génétiques spontanées. Ainsi, selon le paléontologue français Jean Chaline, une mutation du gène gouvernant la vitesse du développement, survenant chez un seul individu, aurait suffi à entraîner chez celui-ci une série de modifications anatomiques et comportementales, transmises ensuite à ses descendants.

La question de l'origine de l'homme mène à celle de l'apparition de l'homme moderne. *Homo erectus, Homo sapiens sapiens* et *Homo sapiens neandertalensis* sont connus depuis le XIXe siècle. Récemment, on a aussi identifié *Homo rudolfensis* (2,4 Ma), plus grand, plus droit et doté d'un plus gros cerveau qu'*Homo habilis*, et *Homo ergaster* (1,7 Ma), tenu pour le prédécesseur d'*Homo erectus*. Cette dernière espèce, mal définie, sert de fourre-tout pour tous les fossiles qu'on ne peut rattacher ni à *Homo habilis* ni à *Homo sapiens*.

LES ANCIENS ET LES MODERNES

Les généticiens s'en sont mêlé. L'étude du génome humain renforce l'idée que l'Afrique est le lieu d'émergence du genre *Homo*. Les hommes (et les australopithèques, ainsi que le confirme la découverte, en 1995, par Michel Brunet, d'*Australopithecus bahrelgazahali* au Tchad) ont couvert de vastes territoires en Afrique. *Homo ergaster* serait le premier à avoir gagné l'Eurasie.

Certains hommes archaïques, confinés dans des régions géographiques isolées, auraient développé des caractères propres. Ce serait le cas de l'homme de Neandertal, en Europe occidentale, et du pithécanthrope, à Java. Non interféconds avec l'homme moderne, ces deux espèces auraient lentement disparu sous la pression démographique des nouveaux hommes. Ailleurs, *Homo sapiens*, arrivant d'Afrique par vagues successives, se serait mêlé aux populations autochtones.

Et l'"ancêtre commun" des hominés et des paninés, dans tout ça? On l'a peut-être trouvé en *Ardipithecus ramidus* (4,4 Ma), découvert récemment dans la vallée de l'Awash (Ethiopie). A moins que celui-ci ne soit que l'ancêtre des uns ou des autres... ■



Mandibule voyageuse

Cette mandibule, trouvée au Tchad par le paléontologue Michel Brunet en 1995, est une preuve de la migration des australopithèques hors de l'Afrique de l'Est.

P. DUMAS/EURELIOS

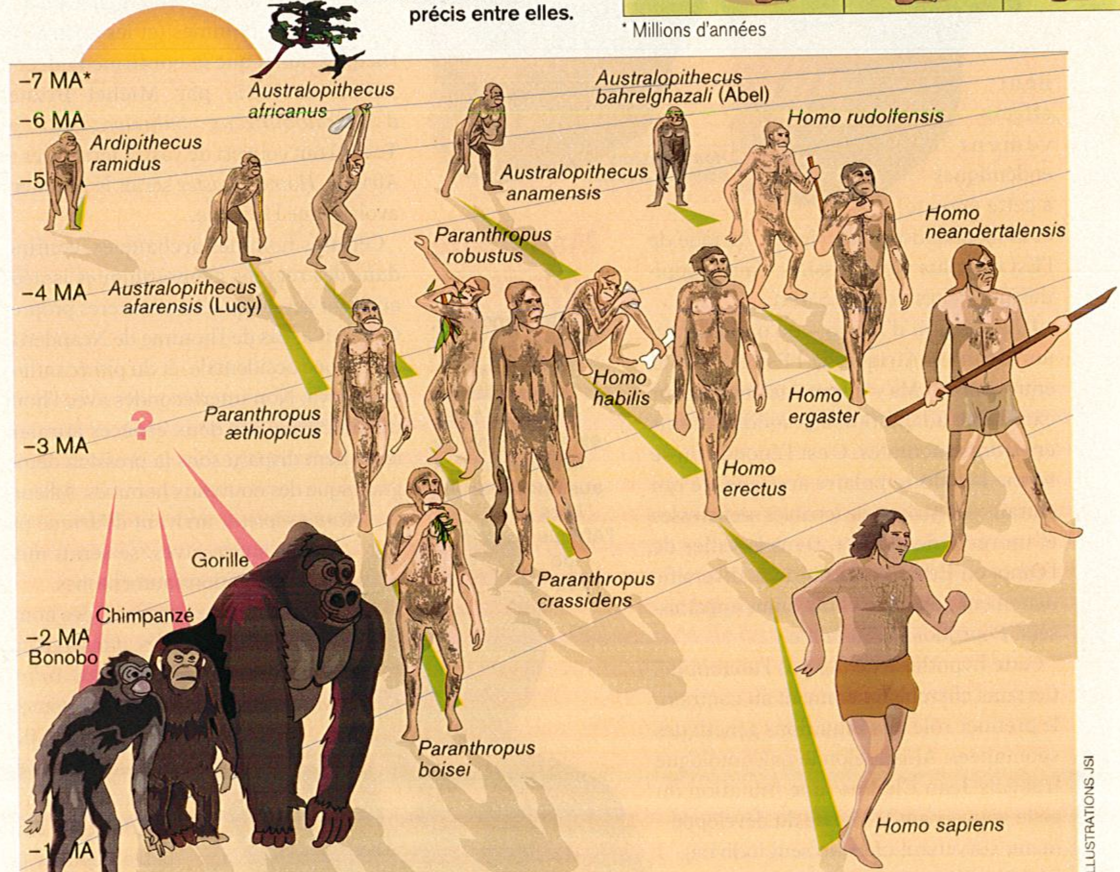
Beaucoup d'appelés, peu d'élus

Une famille nombreuse

Aujourd'hui, la sous-famille des homininés est uniquement représentée par l'homme moderne et les grands singes. Ils ont été précédés par un foisonnement d'espèces apparues depuis 8 Ma, puis éteintes. Nous n'en connaissons qu'une partie grâce à leurs fossiles. La coexistence de diverses espèces d'australopithèques et d'hommes (voir tableau ci-contre) est attestée. Mais il est très difficile d'établir des liens précis entre elles.

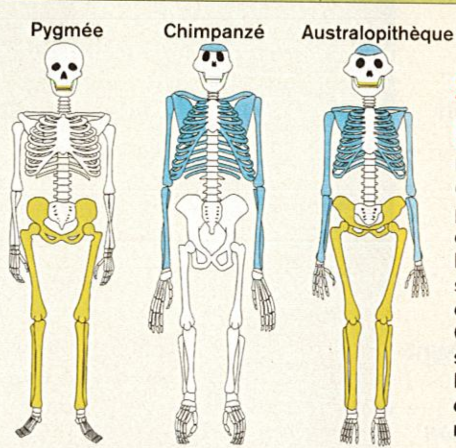
	A. afarensis	*A. africanus*	*P. robustus*
Epoque	de −6 à −2,8 MA*	de −3 à −2 MA	de −2,2 à −1,2 MA
Crâne			
Cerveau	350 cm³	450 cm³	500 cm³
Taille			
Région			
Outils			
Alimentation			

* Millions d'années



P. boisei	H. habilis	H. rudolfensis	H. erectus	H. sapiens neandertalensis	H. sapiens sapiens	
de −2,2 à −1,2 MA	de −3 à −1,6 MA	− 2 MA	de 1,7 MA à −200 000 ans	de −120 000 à −35 000 ans	de −92 000 ans	à aujourd'hui
650 cm^3	650 cm^3	750 cm^3	de 900 à 1200 cm^3	1600 cm^3	1500 cm^3	1500 cm^3



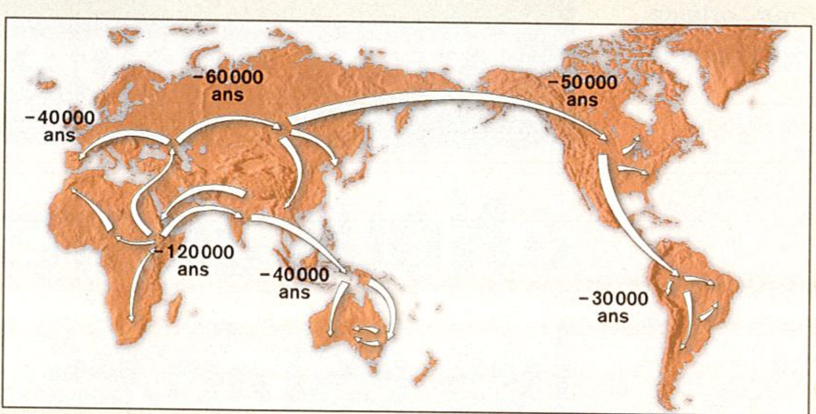


Signes particuliers

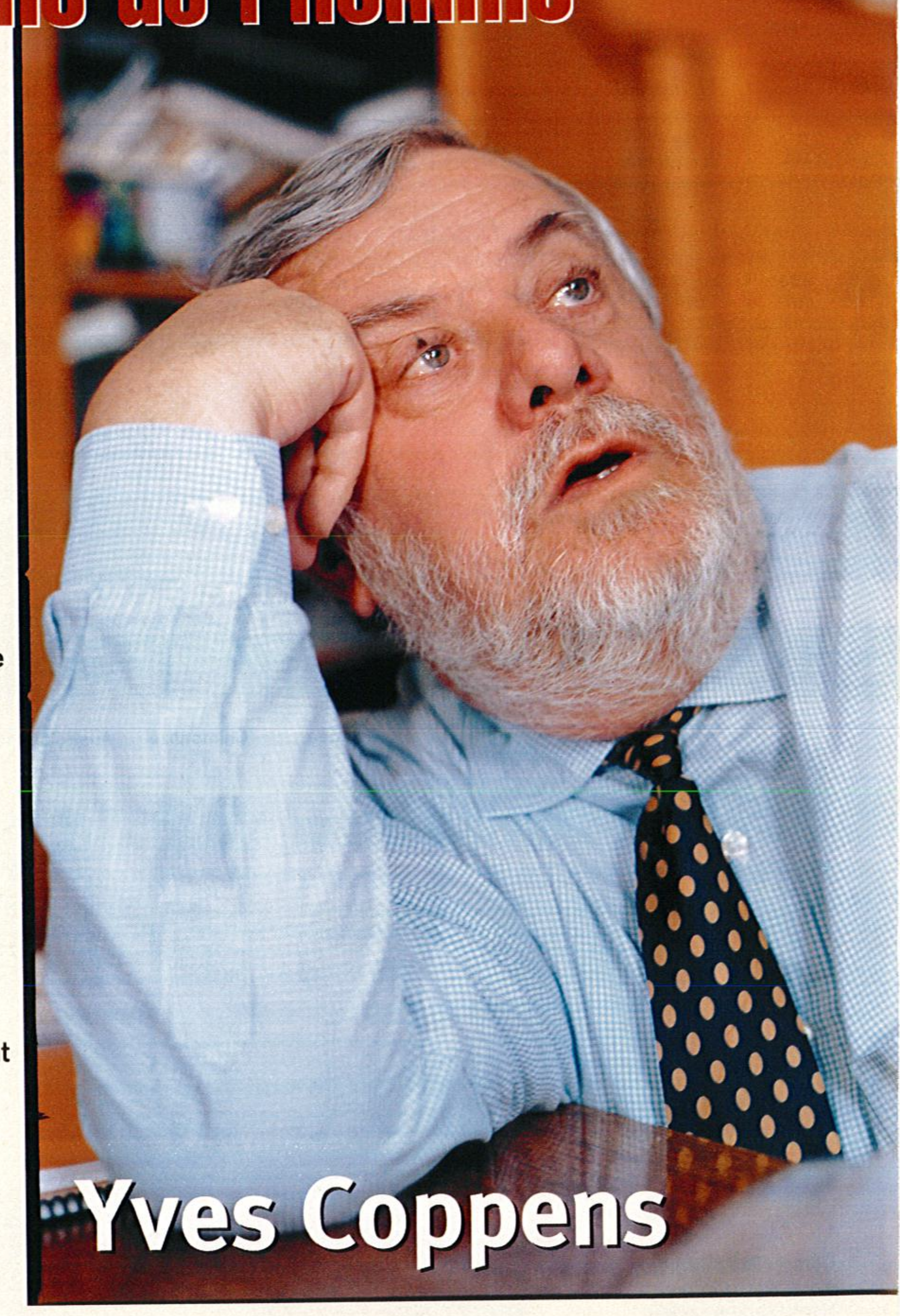
De même taille (1,10 m) qu'un pygmée et qu'un chimpanzé, l'australopithèque se rapproche du premier (en vert) et du second (en bleu). Mais il s'en distingue aussi nettement.

La conquête du monde

Comme les premières espèces d'homme, *Homo sapiens* serait apparu en Afrique de l'Est (ci-dessus, les sites fossilifères africains). Puis il aurait gagné toutes les parties du globe (ci-contre), se mêlant ou non aux descendants d'*Homo erectus* encore présents en Europe et en Asie.



Le plus célèbre des paléontologues français, Yves Coppens, professeur au Collège de France, a été parmi les premiers à élaborer un scénario de l'hominisation qui tient compte des derniers travaux des biologistes sur l'évolution du vivant. Il attend des prochaines années un nouveau bouleversement de nos connaissances sur l'origine de l'homme.



«Nous allons devoir les espèces humain





redéfinir

es »

Science & Vie : Depuis quelque temps, on a l'impression qu'il ne se passe pas d'année sans que soit annoncée la découverte de nouveaux fossiles majeurs pour la compréhension des origines de l'homme. De nouvelles espèces d'homininés sont présentées régulièrement. Nous en sommes à sept espèces d'australopithèques et à neuf espèces d'humains ! A quoi faut-il s'attendre dans les prochaines années?

Yves Coppens : A un grand ménage ! L'accélération des découvertes de fossiles homininés en Afrique, mais aussi en Europe et en Asie, entraîne cette vague de création d'espèces. Pris isolément, les fossiles semblent toujours plus particuliers. Ces différences sont-elles suffisantes pour constituer des traits spécifiques ? Ou sont-elles dues à la variabilité au sein d'une espèce? Tout le problème est là. Pour certains, les sept espèces d'australopithèques pourraient se réduire à trois. Pour ma part, je ne suis pas du tout convaincu, par exemple, par la création d'*Homo antecessor*, vivant en Espagne il y a 800000 ans. Il a été présenté l'année dernière comme l'ancêtre de tous les hommes modernes – ce qui est une contestation de l'origine africaine d'*Homo sapiens*. Mais ce très vieil Européen porte l'estampille des hommes de Neandertal : la fossette sus-iniaque (un trou dans l'os occipital). Pour moi, c'est tout bonnement un *Homo erectus* en train d'évoluer vers l'homme de Neandertal.

Un très vieil Européen avec une fossette

S & V : La prochaine classification comprendra donc une réduction du nombre d'espèces?

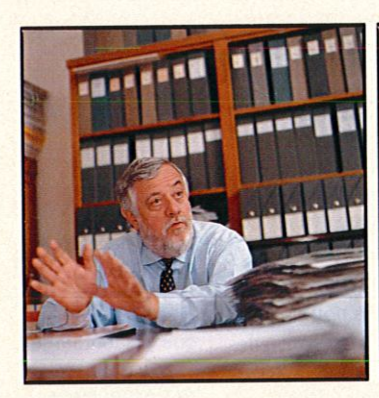
Y. C. : L'important est d'abord de les redéfinir. Cela nous conduira sans doute à en rejeter quelques-unes. Cela dit, le foisonnement des espèces d'homininés est réel. Il correspond au développement classique d'une sous-famille tel que l'ont posé les lois de l'évolution du vivant. On aurait dû y

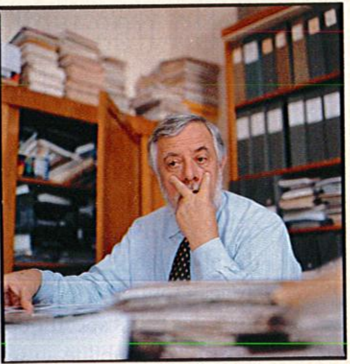
PROPOS RECUEILLIS PAR CATHERINE CHAUVEAU
PHOTOS SOPHIE CHIVET

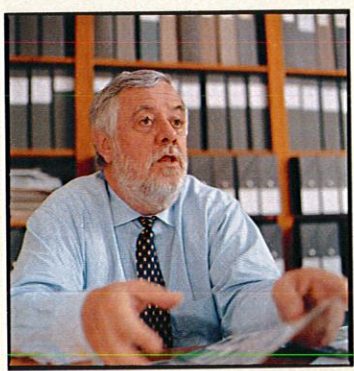
PARCOURS

1934 : naissance à Vannes.
1956 : entrée au CNRS en tant que paléontologue.
1960 : début des expéditions en Afrique orientale, en Afrique du Nord, en Chine et dans le Sud-Est asiatique.
1965 : définition de *Tchadanthropus uxoris*.
1967 : définition de *Paraustralopithecus aethiopicus*.
1969 : sous-direction du musée de l'Homme.
1975 : explications environnementales de l'émergence des homininés – "East side story" – et de celle de l'homme – "(H)Omo Event".
1978 : définition d'*Australopithecus afarensis*.
1983 : chaire de paléoanthropologie et de préhistoire au Collège de France.
1996 : définition d'*Australopithecus bahrelghazeli*.

penser plus tôt. Mais, dans les années 70, certains paléontologues croyaient encore fermement à une évolution linéaire, graduelle. Or, sur plusieurs millions d'années, il est sûr que les australopithèques et les humains ont été bien plus nombreux qu'on ne l'imaginait et que plusieurs espèces d'entre eux ont coexisté, durant de très longues périodes. Les récentes mises au point sur l'homme de Neandertal et sur le pithécanthrope de Java ont montré qu'ils ont côtoyé *Homo sapiens* pendant des millénaires, et que la barrière génétique qui les séparait ne les a pas empêchés d'avoir des échanges culturels.







« La barrière génétique n'empêche pas les échanges culturels »

S & V : Cette redéfinition doit-elle également s'appliquer au genre *Homo*?

Y. C. : Je ne crois pas. Il existe un saut morphologique net entre *Australopithecus* et *Homo*. Ne serait-ce que dans leur capacité crânienne. Celle, supérieure, des humains est associée à une multiplication des circonvolutions cervicales qui va de pair avec un accroissement de la surface du cerveau et avec un développement de son irrigation. Une différence quantitative et non qualitative. Mais elle est liée à une plus grande activité cérébrale, donc au développement de l'intelligence.

En revanche, nous allons devoir redéfinir les espèces humaines, car les distinctions entre elles ne me semblent pas probantes. Je m'amuse toujours quand on pose la question de savoir si tel fossile appartient à un *Homo erectus* évolué ou à un *Homo sapiens* archaïque. Pour moi, c'est vraiment du pareil au même... Je ne suis pas sûr non plus que les premiers humains, *Homo habilis* et *Homo rudolfensis*, forment de véritables espèces. Leur classification tient pour beaucoup à ce que leurs os ont été trouvés avec quantité de pierres taillées, et moins à des caractères morphologiques. C'est l'exemple d'une rétroaction de la culture sur la biologie. La tâche des paléontologues consiste à définir l'hominisation, processus biologique, et non pas l'humanisation, processus culturel dont se chargent les spécialistes des sciences humaines.

S & V : Va-t-on assister à la création de nouveaux genres?

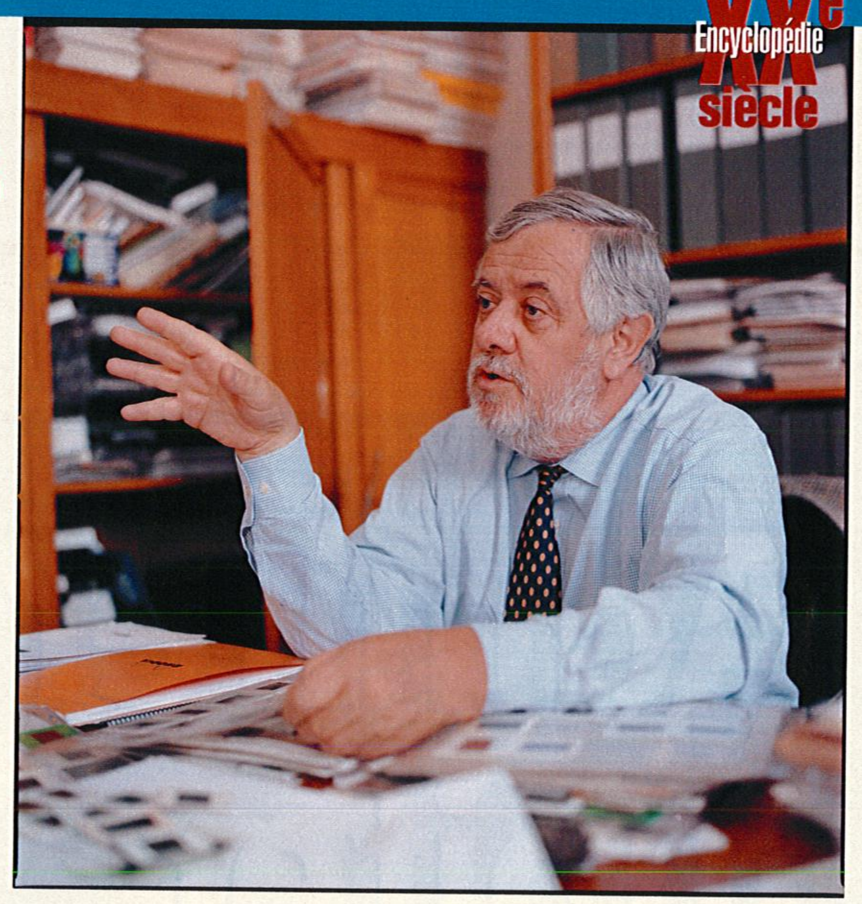
Y. C. : Mais certainement! C'est déjà fait, avec *Ardipithecus ramidus*, trouvé dans l'Afar, en Ethiopie, et daté de 4,4 millions d'années (Ma). Ses inventeurs l'avaient d'abord baptisé *Australopithecus ramidus*, mais il leur a semblé trop archaïque pour être un australopithèque. Les rares fossiles, de surcroît très fragmentaires, datés entre 8 et 5 Ma sont pour l'instant appelés préhominidés. Nous aurons, un jour ou l'autre, assez d'éléments pour déterminer à quels genres ils appartiennent.

S & V : L'ancêtre commun aux hommes et aux grands singes reste à trouver...

Y. C. : Oui, mais ce n'est pas lui le plus attendu. Les découvertes des diverses es-

Scénariste de l'hominisation

Pour Yves Coppens, la mission des paléontologues consiste à retracer le processus biologique qui a mené à l'homme ("hominisation"). Le processus culturel ("humanisation") est l'affaire des sciences humaines.



pèces d'australopithèques et d'humains ces dernières décennies sont exaltantes pour la recherche des origines de l'homme. Mais nous ne pouvons dessiner que l'un des bras du grand V de la victoire : celui des homininés. Le bras des paninés, l'autre sous-famille des hominidés, reste ballant. Nous n'en connaissons que les représentants actuels, les grands singes.

C'est donc l'homologue des australopithèques chez les paninés qu'on espère trouver. Pour comprendre nos origines, il est tout aussi important de découvrir des grands singes fossiles que des homininés fossiles. On mettrait mieux en évidence les caractères hérités de l'ancêtre commun et ceux que chaque espèce a développés en propre. Les os des ancêtres des grands singes ont malheureusement peu de chance de s'être conservés. Ces animaux vivaient en milieu forestier, où l'acidité des terres dissout les matières organiques.

S & V : La plupart des paléontologues pensent que le premier homme et, après lui, l'homme moderne sont nés en Afrique de l'Est. Y a-t-il encore dans cette région des gisements de fossiles inexploités qui permettraient de mieux expliquer le processus de l'hominisation ?

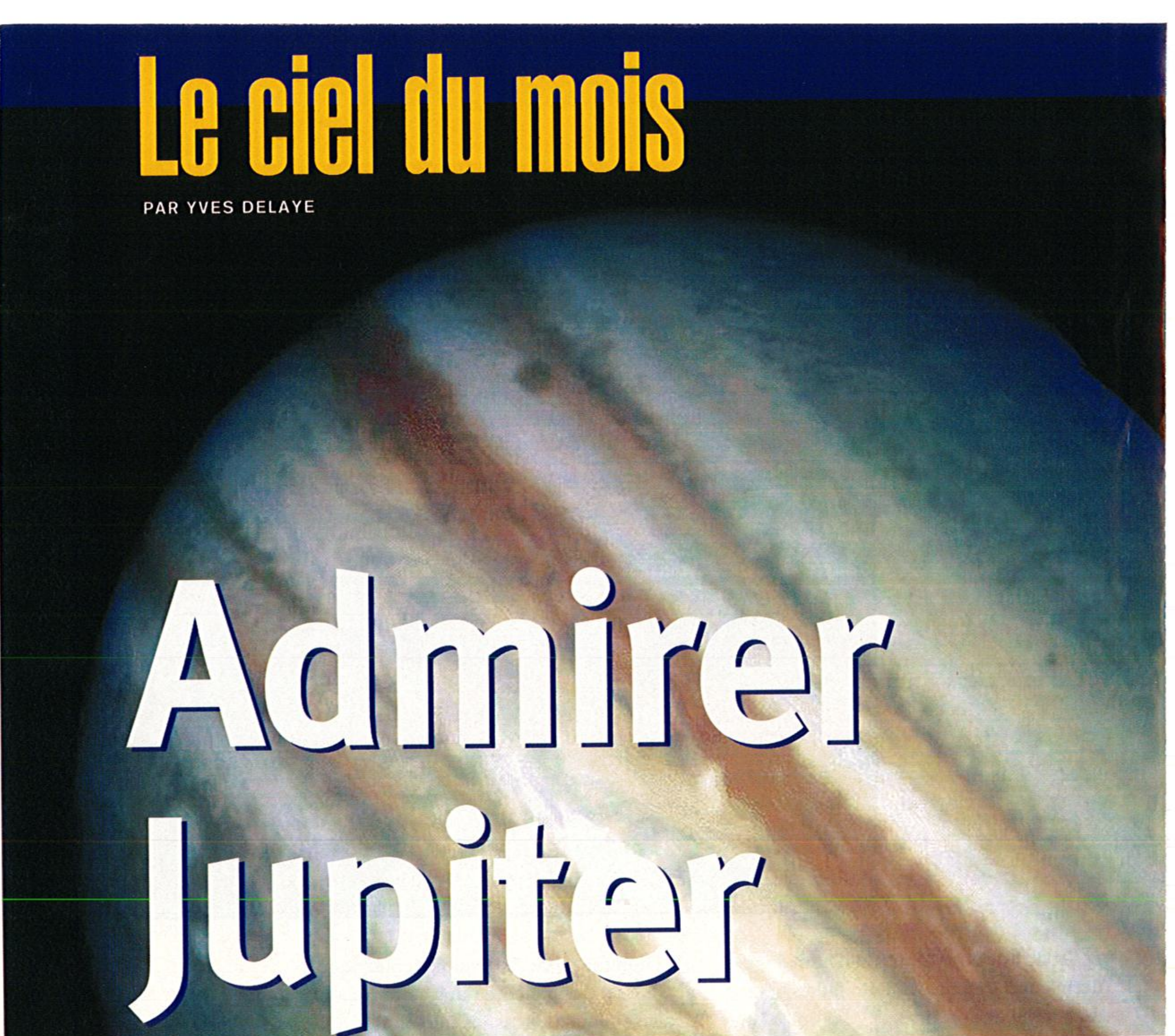
Y. C. : A la pelle ! En Ethiopie, il y a des petits bassins où les dépôts peuvent dépasser 6 Ma : ils sont donc deux fois plus vieux que ceux de la vallée de l'Omo, l'un des principaux gisements d'homininés. Il serait très intéressant de prospecter aussi de l'autre côté du Rift, entre l'Ouganda et le Zaïre, là où l'environnement, donc les niches écologiques, était différent.

Nous avons beaucoup de fossiles, mais il en manquera toujours. Les spécialistes de biologie moléculaire proposent des dates, des filiations plus ou moins fiables, mais les mécanismes de l'évolution du vivant ne sont toujours pas bien compris. Heureusement, comme toujours en science, nous compensons le manque de données par les chimères, sensées, que fait naître notre raisonnement. ■

Le ciel du mois

PAR YVES DELAYE

Admirer Jupiter



NASA/STSCI

Une lunette de 60 à 90 mm de diamètre suffit pour distinguer les bandes équatoriales de Jupiter (photographiée ici par *Hubble*).

Au début du mois, on repère sans peine Jupiter qui se lève vers minuit entre les constellations des Poissons et du Verseau. Au fil des semaines, elle sera observable de plus en plus tôt.

La planète géante est l'astre idéal pour s'initier à l'observation planétaire. Avec une paire de jumelles, on distingue son disque aplati. Une lunette ou un télescope de 60 à 90 mm de diamètre dévoile ses deux principales bandes équatoriales. Mais c'est à l'aide d'un instrument de 100 à 150 mm de diamètre au minimum que commence la véritable étude de l'atmosphère jovienne. On utilisera un grossissement de 200 à 300 fois pour saisir, si les conditions de turbulence le permettent, les détails des bandes.

Attention, l'observation des planètes requiert de la patience, car l'œil doit s'habituer à percevoir d'infimes éléments dans une image qui reste petite. Au fil des séances, on distingue de plus en plus de détails. Pour mesurer ses progrès, on a intérêt à réaliser des dessins lors de chaque observation. On utilisera un gabarit reproduisant le contour aplati de Jupiter, une lampe rouge pour s'éclairer sans s'éblouir, et un crayon à mine tendre.

Le dessin sera effectué rapidement, en vingt minutes au maximum. En effet, à cause de la rotation rapide de Jupiter, certains détails subissent un déplacement sensible en longitude, ce qui fausse l'exactitude du travail. On commencera par situer les grandes configurations, puis on tracera les contours et les différences d'intensité. Dessin après dessin, on sera surpris de l'amélioration du résultat.

QUE REGARDER?

A L'ŒIL NU

Il y a plus de deux siècles, des catholiques irlandais remarquèrent que, vers le 10 août, on voit dans le ciel un très grand nombre d'étoiles filantes. Le 10 août étant la fête de saint Laurent, ils assimilèrent cette manifestation céleste aux larmes que le saint aurait versées pendant son martyre. Aujourd'hui, on ne parle plus des "larmes de saint Laurent", mais de l'essaim des Perséides.

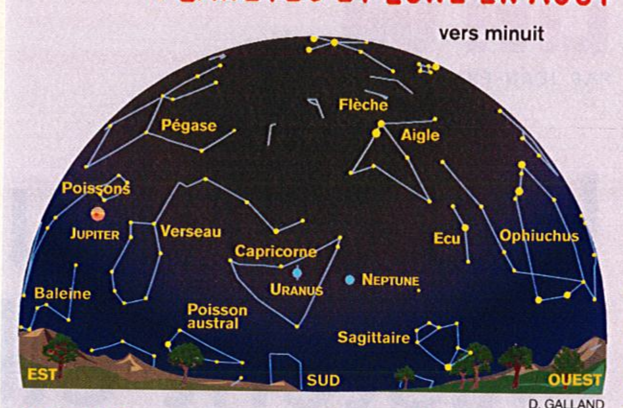
Les étoiles filantes – ou météores – sont des poussières qui pénètrent dans l'atmosphère terrestre. Sous l'effet de la vitesse, elles s'échauffent jusqu'à devenir incandescentes, et les plus grosses sont visibles à l'œil nu. Elles sont observables tout au long de l'année, mais, à certaines dates, on assiste à une nette recrudescence du phénomène : ces essaims d'étoiles filantes sont des débris de comètes. L'essaim des Perséides est ainsi associé à la comète Swift-Tuttle, découverte le 15 juillet 1862.

AVEC UN INSTRUMENT

La constellation du Sagittaire est très riche en objets du ciel profond. Sous nos latitudes, le Sagittaire est bas sur l'horizon : il faut donc l'observer depuis un site bien dégagé au sud. Située à 3 200 années-lumière, la nébuleuse M 20, également baptisée Trifide en raison de sa forme de trèfle à trois feuilles, a été découverte par Le Gentil en 1750, et Messier lui a attribué la vingtième place dans son catalogue en 1764. La masse de cette nébuleuse d'hydrogène est de 150 à 300 fois celle du Soleil. Ce gaz est lumineux sous l'effet du puissant rayonnement ultraviolet d'une proche étoile supergéante. Une paire de jumelles 10 x 50 fait apparaître M 20 comme une pâle lueur. En persévérant dans l'observation, on perçoit deux nébulosités, séparées par une fine bande sombre un peu floue. Pour distinguer la forme de trèfle, il faut un télescope d'au moins 200 mm.

Appelée galaxie de Barnard, NGC 6822 est l'une des rares galaxies du Sagittaire. Elle se situe dans le nord de la constellation, près de la frontière avec Ophiuchus, à 2,8 millions d'années-lumière de notre galaxie. C'est un objet très fin et de forme allongée, de magnitude 8,8. Ses dimensions apparentes (10,2' sur 9,5') rendent sa localisation assez facile, pour peu qu'on bénéficie d'un ciel bien noir et d'une atmosphère transparente. ■

PLANÈTES ET LUNE EN AOÛT



D. GALLAND

Mercredi 5
Spectaculaire conjonction de Mars et de Vénus, vers 6 h du matin, juste avant le lever du Soleil. Les deux planètes ne sont qu'à 52' l'une de l'autre, à l'horizon est-nord-est.

Samedi 8
Eclipse partielle de Lune par la pénombre, avec un maximum à 4 h 25. Cependant, le phénomène sera quasiment insensible en raison du faible assombrissement.

Lundi 10
Très belle conjonction de la Lune et de Jupiter sur l'horizon sud-est, vers minuit. Moins de 1 degré sépare les deux astres.

Mercredi 12
Maximum de l'essaim d'étoiles filantes des Perséides. Il y a trois maximums, mais seul le deuxième, qui se produit vers minuit, est observable.

Le 12 et le 13
Rapprochement de la Lune et de Saturne dans la soirée, au-dessus de l'horizon est.

Du 18 au 20
A l'aube, on suivra le cheminement de Vénus, qui traverse l'amas de la Crèche M 44.

Jeudi 20
Au petit matin, belle conjonction du fin croissant de Lune et de Vénus.

Samedi 22
Eclipse annulaire du Soleil. Invisible en Europe, elle peut s'observer du Sud-Est de l'Asie au Sud de l'océan Pacifique.

Du 31 août au 2 septembre
Mars traverse l'amas de la Crèche M 44 juste avant l'aube, au-dessus de l'horizon est.

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31



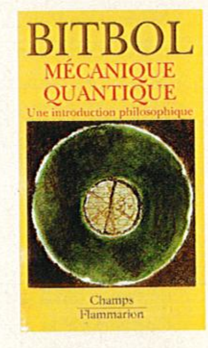
PAR JEAN-FRANÇOIS ROBREDO

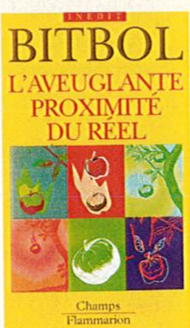
Les particules existent-elles ?

MÉCANIQUE QUANTIQUE
Une introduction philosophique

L'AVEUGLANTE PROXIMITÉ DU RÉEL

Michel Bitbol





Une théorie scientifique est-elle un "reflet" de la nature ? Une expérience peut-elle révéler l'existence d'un "objet" appartenant au monde réel ? A ces deux questions, nous devons répondre non. Telle est la conclusion de l'auteur de ces ouvrages consacrés à la mécanique quantique, pour le premier, et à la manière dont celle-ci modifie notre regard sur le monde, pour le second.

Chargé de recherche au CNRS, Michel Bitbol enseigne la philosophie de la physique contemporaine à l'université Paris I. Pour lui, prononcer le mot "particule", c'est déjà énoncer une idée préconçue sur le monde. Ces "choses" existent-elles vraiment ? Quelle expérience nous prouve l'existence de ces "grains de poussière" porteurs de "propriétés" ? Aucune.

Pendant les deux siècles qui ont vu le triomphe des théories classiques, nous avons pu faire "comme si" la science décrivait strictement la réalité. Mais, quand il s'est agi de décrire le monde microscopique, ces abus de langage se sont retournés contre nous. C'est ainsi qu'est née la mécanique quantique.

Bitbol tord le cou à plusieurs idées reçues. Ainsi, cette théorie n'est pas une "mécanique statistique" qui transformerait des mesures en probabilités, en prétendant qu'« observer, c'est perturber ». Elle est la première à considérer qu'on ne peut détacher une mesure, un résultat, de la façon dont on l'a obtenu. Ainsi, elle intègre dans ses équations le dispositif expérimental lui-même, inextricablement mêlé aux phénomènes. Certains vont même jusqu'à prétendre que c'est l'observation qui "crée" l'objet observé. L'auteur les rappelle à l'ordre, en citant la belle phrase de Bernard d'Espagnat, à propos de cette réalité qui résiste à nos investigations : « Il faut bien avouer qu'il y a quelque chose qui dit "non", et que ce "quelque chose" n'est pas réductible à nous. »

Ces ouvrages sont difficiles d'accès. Mais ils réservent de grandes satisfactions au lecteur patient. Le paradoxe veut qu'on ne peut vraiment comprendre la mécanique quantique qu'en reprenant une à une les notions philosophiques de base. Dans les deux domaines, Michel Bitbol se révèle l'un des plus grands de l'épistémologie contemporaine. **Gilles Moine**

CERN

L'ombre du réel
Ce n'est pas le réel que conteste Michel Bitbol, c'est sa représentation. Ces traces laissées par des particules révèlent le phénomène auquel elles sont mêlées, mais non leur existence.

Flammarion, coll. "Champs", 472 et 380 p., 55 et 65 F.

L'homme n'est plus ce qu'il était

EN LIBRAIRIE

VOYAGES DANS LE FUTUR
L'aventure cosmique de l'humanité
Nicolas Prantzos

C'est l'un des livres les plus originaux de ces dernières années : un guide du futur à la lumière des dernières avancées de la science astronomique. Prenez rendez-vous pour votre installation sur la Lune, pour un voyage vers les étoiles ou pour assister à la fin de l'Univers. Un ouvrage d'une grande rigueur, écrit avec un vrai souci de clarté.

Seuil, 320 p., 140 F.

IMPOSTURES INTELLECTUELLES
Alan Sokal, Jean Bricmont

Il y a quelques mois, la polémique a fait rage : certains intellectuels (surtout français...) se servent-ils de la science pour anoblir des idées fumeuses? Les deux auteurs répondent par l'affirmative, innombrables exemples à l'appui. La polémique est importante et franchit les limites des joutes intellectuelles. A lire absolument.

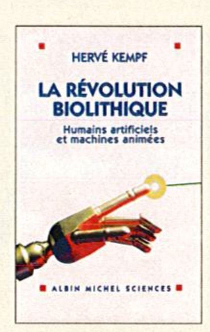
Odile Jacob, 276 p., 140 F.

L'HOMME ET LE SINGE
PSYCHOLOGIE COMPARÉE
Jacques Vauclair

Pour répondre à la question «Qui sommes-nous?», l'homme doit regarder du côté de l'animal et plus particulièrement du singe. Cette discipline scientifique se nomme psychologie comparée. Un ouvrage qui fait le point, très stimulant pour l'homme...

Flammarion, coll. "Dominos", 128 p., 41 F.

LA RÉVOLUTION BIOLITHIQUE
Humains artificiels et machines animées
Hervé Kempf



Un exposé rigoureux et lucide des techniques qui permettent de manipuler le vivant et d'animer l'artificiel.

La révolution néolithique fit passer l'homme de la cueillette à l'agriculture. En substituant l'exploitation organisée du milieu à la récolte passive, l'homme entendait maîtriser son environnement. Aujourd'hui, explique Hervé Kempf, journaliste à *la Recherche*, nous vivons une deuxième grande mutation, à la fois biologique et technologique.

Cette révolution, qu'il qualifie de "biolithique", réside dans la transformation artificielle des êtres, dans l'humanisation (ou du moins l'animation) des machines et dans les interactions homme-robot qui en découlent. Kempf dresse un état des lieux assez complet des manipulations du vivant (clonage, organismes transgéniques), de la "manufacture de l'humain" (fabrication d'organes artificiels, procréation assistée, stimulation des fonctions, etc.) et de la confection de machines qui mettent en œuvre des processus biologiques (ordinateurs neuronaux, puces à ADN...).

Même si les chercheurs ne sont pas animés d'un grand dessein concerté, la synthèse de leurs travaux fait apparaître une logique dans leur démarche : l'espèce humaine s'attache cette fois à modifier le vivant. Ce livre passionnant analyse cette tendance en toute lucidité et livre au lecteur de nombreux éléments de réflexion.

« Le choix de l'évolution entre dans le domaine de la détermination collective », avertit Hervé Kempf. Au-delà de cette problématique, c'est toute la définition du vivant, mais aussi celle de la machine, qu'il faut reformuler.

Isabelle Bourdial

Albin Michel Sciences, 280 p., 140 F.

Rétro

PAR VÉRONIQUE ROCHEWSKY

Il y a 75 ans



Les signaux de la TSF accessibles aux sourds

Cette jeune sourde "écoute" les communications en plaçant ses doigts sur le diaphragme du récepteur téléphonique. Plusieurs expériences sont actuellement tentées pour substituer au sens de l'ouïe les sens de la vue, du toucher et même du goût dans la réception des signaux de télégraphie sans fil.

Un nouveau dérivé du bois, la cellophane

La base de la fabrication de ce produit transparent et incolore est identique à celle des soies artificielles. La pâte à bois est transformée en une solution : la viscose, qui, après passage dans une trémie et dans un bain coagulant, sort en nappes, qui sont ensuite découpées (ci-dessous).



AOÛT 1923

Ce car monorail est propulsé par une hélice. L'équilibre horizontal est assuré par des ventilateurs qui envoient de l'air sous les ailes. Pour que le véhicule ne quitte pas la voie dans les courbes, les bogies ont des roues "vacillantes" de manière que quatre d'entre elles prennent appui sur un côté du rail et les quatre autres sur le côté opposé.

PHOTOS DR

L'avion mystérieux

Les autorités britanniques n'ont communiqué aucune information sur leur nouvel avion de chasse. Mais, sur les photographies, on distingue une aile originale : elle présente le maximum d'épaisseur à l'attache des mâts. Le moteur est un Jupiter de 400 chevaux.

Lumière froide et motif lumineux

Ce motif est composé de tubes de verre recouverts d'un enduit phosphorescent. En faisant passer une décharge électrique à haute fréquence dans ces tubes, où règne un vide d'un cinquantième de millimètre de mercure et où existent des traces de gaz rares, on obtient une superbe luminosité, entièrement froide.

